



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 03 066 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
B 81 B 3/00
B 81 C 1/00
// G01P 15/09, G01C
19/58

②1 Aktenzeichen: 100 03 066.1
②2 Anmeldetag: 25. 1. 2000
④3 Offenlegungstag: 3. 8. 2000

DE 100 03 066 A 1

③0 Unionspriorität:

11-15573 25. 01. 1999 JP
11-304323 26. 10. 1999 JP

⑦1 Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

⑦4 Vertreter:

WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

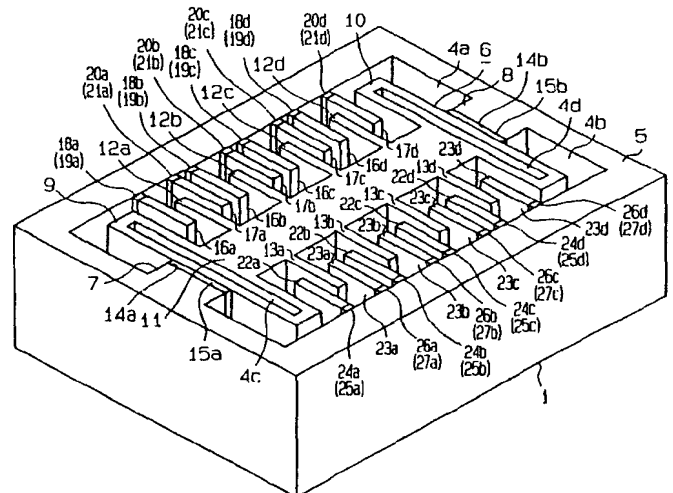
⑦2 Erfinder:

Kano, Kazuhiko, Kariya, Aichi, JP; Ohara, Junji,
Kariya, Aichi, JP; Ohya, Nobuyuki, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Halbleitersensor für eine physikalische Größe und Verfahren zum Herstellen desselben

⑤7 Ein Halbleitersensor für eine physikalische Größe, in dem eine Balkenstruktur mit einer beweglichen Elektrode und eine feste Elektrode, die der beweglichen Elektrode gegenüberliegt, in einem Substrat integral ausgebildet sind, besitzt eine neue elektrische Isolationsstruktur. Ein Halbleitersensor für eine physikalische Größe wie ein Beschleunigungssensor umfaßt ein Siliziumsubstrat (1); eine sich lateral erstreckende Höhlung (2), die in dem Siliziumsubstrat ausgebildet ist; und einen Basisplattenteil (3), der unter der Höhlung in dem Siliziumsubstrat definiert ist. Ein rechteckiger Rahmenteil (5), eine Balkenstruktur (6) mit einer beweglichen Elektrode (12a-12d, 13a-13d) und eine feste Elektrode (17a-17d, 23a-23d) werden durch die Höhlung und Gräben (4a, 4b) definiert. Die feste Elektrode liegt der beweglichen Elektrode der Balkenstruktur gegenüber. Gräben (20a-20d, 26a-26d), in die elektrisches Isoliermaterial (21a-21d, 27a-27d) eingebettet ist, sind zwischen der beweglichen Elektrode und dem rechteckigen Rahmenteil und zwischen der festen Elektrode und dem rechteckigen Rahmenteil ausgebildet.



DE 100 03 066 A 1

Diese Erfindung betrifft im allgemeinen Halbleitersensoren für physikalische Größen und insbesondere einen Halbleitersensor für eine physikalische Größe, der eine Balkenstruktur mit einer beweglichen Elektrode zum Erfassen bzw. Ermitteln einer physikalischen Größe wie z. B. einer Beschleunigung, Gierrate, Schwingung oder dergleichen umfaßt.

Ein konventioneller Halbleitersensor für eine physikalische Größe zum Erfassen einer Beschleunigung, Gierrate, Schwingung oder dergleichen, ist in JP-A-9-211022 beschrieben. Gemäß diesem Sensor werden eine Balkenstruktur mit einer beweglichen Elektrode und eine feste Elektrode, die der beweglichen Elektrode gegenüberliegt, integral in einem Halbleitersubstrat mittels Verarbeiten des Halbleitersubstrates unter Verwendung einer Mikromaschinenteknologie ausgebildet. Diese Art von Sensor wird im folgenden ausführlich beschrieben werden.

Fig. 83 ist eine Draufsicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors. Die Fig. 84-87 zeigen jeweils Querschnittsansichten, die entlang der Linien 84-84, 85-85, 86-86 und 87-87 in Fig. 83 genommen wurden.

In den Fig. 83 und 84 ist eine Balkenstruktur 501, die aus einem einkristallinen Halbleitermaterial besteht, über einer oberen Oberfläche eines Substrates 500 angeordnet. Die Balkenstruktur 501 wird von vier Ankerteilen 502a, 502b, 502c und 502d getragen, von denen jeder von der Seite des Substrates 500 her hervorsticht, und ist so angeordnet, daß sie einen vorbestimmten Abstand von der oberen Oberfläche des Substrates 500 beibehält. Die Balkenstruktur 501 besitzt Balkenteile 503 und 504, einen Massenteil 505 und kammerartige bewegliche Elektroden 506a bis 506d, 507a bis 507d. Erste feste Elektroden 508a bis 508d, 509a bis 509d, und zweite feste Elektroden 510a bis 510d, 511a bis 511d sind an der oberen Oberfläche des Substrates 500 fixiert. Jede der festen Elektroden 508a bis 508d, 509a bis 509d, 510a bis 510d und 511a bis 511d wird von Ankerteilen 512 getragen, von denen jeder von der Seite des Substrates 500 her hervorsticht, und liegt jeder einer Seite der beweglichen Elektroden 506a bis 506d, 507a bis 507d der Balkenstruktur 501 gegenüber, die so angeordnet ist, daß sie den vorbestimmten Abstand von der oberen Oberfläche des Substrates 500 beibehält. Kondensatoren sind zwischen den beweglichen Elektroden 506a bis 506d, 507a bis 507d der Balkenstruktur 501 und den festen Elektroden 508a bis 508d, 509a bis 509d ausgebildet.

Wie in Fig. 84 gezeigt ist, besitzt das Substrat 500 eine Struktur, in der eine Polysiliziumdünnschicht 514, eine unterschichtseitige Isolierdünnschicht 515, eine leitfähige Dünnschicht 516 und eine ober-schichtseitige Isolierdünnschicht 517 auf einem Siliziumsubstrat 513 schichtweise angeordnet sind. Wie in Fig. 83 gezeigt ist, werden von der leitfähigen Dünnschicht 516 vier Leitungsstrukturierungen 518 bis 521 ausgebildet. Die Leitungsstrukturierungen 518 bis 521 sind Leitungen der festen Elektroden 508a bis 508d, 510a bis 510d, 509a bis 509d und 511a bis 511d.

In dieser Struktur kann das Ausmaß an Beschleunigung mittels Messen der Verlagerungen der Balkenstruktur 501 über die Kapazitätsänderungen der Kondensatoren zwischen den beweglichen Elektroden und den festen Elektroden erfaßt werden, wenn auf die Balkenstruktur in einer Richtung parallel zu der Oberfläche des Substrates eine Beschleunigung einwirkt.

Der Beschleunigungssensor wird wie folgt hergestellt. Hier wird ein Herstellungsverfahren unter Bezugnahme auf die Fig. 88 bis 97 erklärt werden, welche Querschnittsansichten sind, die entlang der Linie 88-88 in Fig. 83 genom-

men wurden.

Zuerst, wie in Fig. 88 gezeigt, wird ein einkristallines Siliziumsubstrat 530 bereitgestellt, und eine Strukturierung aus Gräben 531 wird in dem Siliziumsubstrat 530 ausgebildet. Danach werden Fremdatome wie Phosphor implantiert und in das Siliziumsubstrat 530 hinein diffundiert, um Elektroden zum Erfassen von elektrostatischer Kapazität auszubilden. Als nächstes, wie in Fig. 89 gezeigt, wird eine Siliziumoxiddünnschicht 532 als eine Opferschichtdünnschicht auf dem Siliziumsubstrat 530 ausgebildet, und eine Oberfläche der Siliziumoxiddünnschicht 532 wird geebnet bzw. eben gemacht. Danach wird, wie Fig. 90 gezeigt, eine Siliziumnitriddünnschicht 534, die während eines Opferschichtätzens eine Ätzschutzschicht sein soll, ausgebildet. Weiterhin werden Öffnungen 535a bis 535c in einer Schichtstruktur aus dem Siliziumnitrid 534 und der Siliziumoxiddünnschicht 532 ausgebildet, da wo Ankerteile ausgebildet werden sollen.

Als nächstes, wie in Fig. 91 gezeigt, wird eine Polysiliziumdünnschicht 536 auf den Öffnungen 535a bis 535c und der Siliziumnitriddünnschicht 534 ausgebildet. Fremdatome wie Phosphor werden in die Polysiliziumdünnschicht 536 implantiert und hinein diffundiert, die eine leitfähige Dünnschicht sein soll. Eine Leitungsstrukturierung 536a, eine untere Elektrode 536b (s. Fig. 87) und Ankerteile 536c werden unter Verwendung einer Photolithographie ausgebildet. Wie in Fig. 92 gezeigt ist, wird eine Siliziumoxiddünnschicht 537 auf der Polysiliziumdünnschicht 536 und der Siliziumnitriddünnschicht 534 ausgebildet. Wie in Fig. 93 gezeigt ist, wird eine Polysiliziumdünnschicht 538 als eine Kontaktierungsdünnschicht auf einer Oberfläche der Siliziumoxiddünnschicht 537 ausgebildet, und eine Oberfläche der Polysiliziumdünnschicht 538 wird zum Zweck des Kontaktierens mechanisch eben poliert.

Weiterhin wird, wie in Fig. 94 gezeigt, ein weiteres einkristallines Siliziumsubstrat 539, das von dem Siliziumsubstrat 530 verschieden ist, bereitgestellt, und die Oberfläche der Polysiliziumdünnschicht 538 und das Siliziumsubstrat 539 werden miteinander verbunden. Wie in Fig. 95 gezeigt wird, werden die Siliziumsubstrate 530 und 539 umgedreht, und die Seite des Siliziumsubstrates 530 wird mechanisch eben poliert. Wie in Fig. 96 gezeigt, wird eine Zwischenschichtisolierdünnschicht 540 ausgebildet, und Kontaktlöcher werden mittels Trockenätzen nach der Photolithographie ausgebildet. Weiterhin wird eine Siliziumnitriddünnschicht 541 bei einem Bereich auf der Zwischenschichtisolierdünnschicht 540 ausgebildet und eine Aluminiumelektrode 542 wird mittels Ablagern und Photolithographie ausgebildet.

Schließlich, wie in Fig. 97 gezeigt, wird die Siliziumoxiddünnschicht 532 mittels Ätzen unter Verwendung eines Ätzmittels auf der Grundlage von HF entfernt, um die Balkenstruktur mit der beweglichen Elektrode beweglich zu machen. Mit anderen Worten, die Balkenstruktur 501 und die festen Elektroden (508a, 508b, etc.) werden in dem Siliziumsubstrat 530 durch Entfernen eines vorbestimmten Bereiches der Siliziumoxiddünnschicht 532 mittels dem Opferschichtätzen unter Verwendung des Ätzmittels ausgebildet.

Auf diese Weise kann der Halbleiterbeschleunigungssensor unter Verwendung eines Schichtsubstrates hergestellt werden.

Jedoch kann in solchen Arten von Halbleitersensoren für eine physikalische Größe die Sensorstruktur kompliziert sein, da sie es erfordert, daß die bewegliche Elektrode von jeder von der festen Elektroden von einem Standpunkt der Sensorstruktur aus elektrisch isoliert ist, und da sie es erfordert, daß die Leitungen mit separaten Elektroden verbunden sind. Weiterhin ist es schwierig, die Kosten zu erniedrigen,

da es einen Schritt des Kontaktierens bzw. Verbindens der Substrate (das Substrat 530 und das Substrat 539) gibt, wie in Fig. 94 gezeigt.

Diese Erfindung ist angesichts des bisher beschriebenen Stands der Technik erdrossen worden und ihre erste Aufgabe ist es, einen Halbleitersensor für eine physikalische Größe mit einer neuen elektrischen Isolationsstruktur und ein Verfahren zum Herstellen desselben bereit zu stellen.

Ihre zweite Aufgabe ist es, einen Halbleitersensor für eine physikalische Größe bereitzustellen, in dem eine Balkenstruktur mit einer beweglichen Elektrode und eine feste Elektrode, die der beweglichen Elektrode gegenübersteht bzw. gegenüberliegt, integral in einem Substrat ausgebildet sind, mit einer neuen elektrischen Isolationsstruktur, und ein Verfahren zum Herstellen desselben.

Die Lösung dieser Aufgaben erfolgt durch die Merkmale der Ansprüche 1, 12, 13, 14 und 17.

Gemäß der vorliegenden Erfindung sind ein Rahmenteil, eine Balkenstruktur und eine feste Elektrode abgeteilt. Weiterhin ist wenigstens ein Isolator bereitgestellt, wenigstens zwischen dem Rahmenteil und der beweglichen Elektrode oder zwischen dem Rahmenteil und der festen Elektrode. Folglich kann sie auf einfache Weise den Rahmenteil von wenigstens der beweglichen Elektrode oder der festen Elektrode elektrisch isolieren.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Verfahren auf:

Durchführen eines anisotropen Ätzens von einer oberen Oberfläche einer Halbleiterschicht, die ein Substrat bildet, her, um einen ersten Graben auszubilden, der sich vertikal erstreckt, zum elektrisch Isolieren einer beweglichen Elektrode und einer festen Elektrode von einem Rahmenteil;

Einbetten eines Isolators in den ersten Graben;

Durchführen eines weiteren anisotropen Ätzens von der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht her, um einen zweiten Graben auszubilden, der sich vertikal erstreckt, zum Abteilen bzw. Trennen und zum Ausbilden des Rahmenteils, einer Balkenstruktur und der festen Elektrode;

Ausbilden einer Schutzdünnschicht auf einer Seitenwand des zweiten Grabens mit Ausnahme einer unteren Oberfläche bzw. Bodenfläche davon; und

Durchführen eines isotropen Ätzens von der unteren Oberfläche bzw. Bodenfläche des zweiten Grabens her, um eine Höhlung auszubilden, die sich lateral erstreckt, zum Abteilen und Ausbilden eines Basisplattenteils, der unter der Höhlung angeordnet ist, des Rahmenteils, der an den Seiten der Höhlung und des zweiten Grabens angeordnet ist, der Balkenstruktur und der festen Elektrode.

Folglich kann sie auf einfache Weise den Rahmenteil von wenigstens der beweglichen Elektrode oder der festen Elektrode elektrisch isolieren.

Die Unteransprüche beziehen sich auf vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Diese und weitere Aufgaben, Merkmale, Vorteile und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden sich aus einem Studium der folgenden ausführlichen Beschreibung, der beigefügten Ansprüche und der Zeichnungen ergeben, die alle Teile dieser Anmeldung bilden. In den Zeichnungen sind dieselben Teile oder die sich entsprechenden Teile mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet worden, um redundante Erklärungen zu vermeiden. In den Zeichnungen sind:

Fig. 1 ist eine Draufsicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors einer ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht des Halbleiterbeschleunigungssensors der ersten Ausführungsform;

Fig. 3 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie

3-3 in Fig. 1 genommen wurde;

Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 4-4 in Fig. 1 genommen wurde;

Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht des Halbleiterbeschleunigungssensors der ersten Ausführungsform;

die Fig. 6 bis 10 sind Querschnittsansichten, die entlang einer Linie 6-6 in Fig. 1 genommen wurden, zum Veranschaulichen eines jeden Schrittes eines Verfahrens zum Herstellen der ersten Ausführungsform;

Fig. 11 ist ein Diagramm, das eine Isolationsstruktur aus Elektroden der ersten Ausführungsform veranschaulicht;

die Fig. 12 und 13 sind Diagramme, die Isolationsstrukturen aus Elektroden einer modifizierten ersten Ausführungsform veranschaulichen;

die Fig. 14, 15A und 15B sind Diagramme, die Grabenstrukturen der modifizierten ersten Ausführungsform veranschaulichen;

Fig. 16 ist eine Querschnittsansicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors einer zweiten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 17 ist eine perspektivische Ansicht einer festen Elektrode des Halbleiterbeschleunigungssensors der zweiten Ausführungsform;

die Fig. 18 und 19 sind Querschnittsansichten, die eine Trägerstruktur der festen Elektrode der zweiten Ausführungsform veranschaulichen;

die Fig. 20 bis 24 sind Querschnittsansichten zum Veranschaulichen eines jeden Schrittes eines Verfahrens zum Herstellen der zweiten Ausführungsform;

Fig. 25 ist eine Draufsicht eines Beschleunigungssensors vom Schaltertyp einer modifizierten zweiten Ausführungsform;

Fig. 26 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 26-26 in Fig. 25 genommen wurde;

Fig. 27 ist eine perspektivische Ansicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors einer dritten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 28 ist eine Querschnittsansicht, die entlang der Linien 28-28 in Fig. 27 genommen wurde;

Fig. 29 ist eine Querschnittsansicht, die entlang der Linien 29-29 in Fig. 27 genommen wurde;

die Fig. 28 und 29 sind Querschnittsansichten, die entlang der Linien 28-28 und 29-29 in Fig. 27 genommen wurden;

die Fig. 30 bis 34 sind Querschnittsansichten zum Veranschaulichen eines jeden Schrittes eines Verfahrens zum Herstellen der dritten Ausführungsform;

Fig. 35 ist eine Querschnittsansicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors einer vierten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

die Fig. 36 bis 40 sind Querschnittsansichten zum Veranschaulichen eines jeden Schrittes eines Verfahrens zum Herstellen der vierten Ausführungsform;

Fig. 41 ist eine Querschnittsansicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors einer fünften Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

die Fig. 42 und 43 sind Querschnittsansichten, die eine Trägerstruktur der festen Elektrode der fünften Ausführungsform veranschaulichen;

die Fig. 44 bis 48 sind Querschnittsansichten zum Veranschaulichen eines jeden Schrittes eines Verfahrens zum Herstellen der fünften Ausführungsform;

Fig. 49 ist eine Querschnittsansicht eines Gierratensensors einer sechsten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 50 ist eine Querschnittsansicht eines Gierratensensors der sechsten Ausführungsform bevor er verdrahtet wird;

Fig. 51 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Li-

nie 51-51 in Fig. 49 genommen wurde;

die Fig. 52 bis 58 sind Querschnittsansichten zum Veranschaulichen eines jeden Schrittes eines Verfahrens zum Herstellen der sechsten Ausführungsform;

Fig. 59 ist eine Querschnittsansicht eines Gierratensensors einer siebten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

die Fig. 60 bis 66 sind Querschnittsansichten zum Veranschaulichen eines jeden Schrittes eines Verfahrens zum Herstellen der siebten Ausführungsform,

die Fig. 67 bis 82 sind Querschnittsansichten zum Veranschaulichen von Modifikationen;

Fig. 83 ist eine Draufsicht eines Halbleiterbeschleunigungssensors gemäß einem Stand der Technik;

Fig. 84 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 84-84 in Fig. 83 genommen wurde;

Fig. 85 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 85-85 in Fig. 83 genommen wurde;

Fig. 86 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 86-86 in Fig. 83 genommen wurde;

Fig. 87 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 87-87 in Fig. 83 genommen wurde; und

die Fig. 88 bis 97 sind Querschnittsansichten, die entlang einer Linie 88-88 in Fig. 83 genommen wurden, zum Veranschaulichen eines jeden Schrittes eines Herstellungsverfahrens des Standes der Technik.

(Erste Ausführungsform)

Eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erklärt werden.

Die Fig. 1 und 2 zeigen einen Beschleunigungssensor dieser Ausführungsform. Fig. 1 ist eine Draufsicht auf den Beschleunigungssensor und Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht des Beschleunigungssensors. Weiterhin zeigt Fig. 3 eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 3-3 in Fig. 1 genommen wurde, und Fig. 4 zeigt eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 4-4 in Fig. 1 genommen wurde.

Fig. 5 zeigt eine perspektivische Ansicht des Beschleunigungssensors in einem Zustand, wo die Leitungen entfernt sind. Das heißt, Fig. 2 ist die perspektivische Ansicht des Sensors einschließlich der Leitungen, wohingegen Fig. 5 die perspektivische Ansicht ohne die Leitungen zeigt.

In Fig. 3 ist eine Höhlung 2 im Inneren eines Siliziumsubstrates 1 als einem Einschiebhalbleitersubstrat ausgebildet. Die Höhlung 2 besitzt einen vorbestimmten Innendurchmesser t und erstreckt sich lateral (parallel zu einer Oberfläche des Siliziumsubstrates). Ein unterer Teil des Substrates 1 unterhalb der Höhlung 2 ist als ein Basisplattenteil 3 definiert. Das heißt, der Basisplattenteil 3 wird durch die Höhlung 2 abgeteilt, und der Basisplattenteil 3 befindet sich unterhalb der Höhlung 2. Wie in den Fig. 1 und 3 gezeigt ist, sind Gräben 4a, 4b, 4c und 4d über der Höhlung 2 in dem Substrat 1 ausgebildet. Die Gräben 4a, 4b, 4c und 4d erstrecken sich vertikal (senkrecht zu der Oberfläche des Siliziumsubstrates) und erreichen die Höhlung 2. Wie in Fig. 5 gezeigt ist, werden ein rechteckiger Rahmenteil 5 und eine Balkenstruktur 6 durch Aufteilen bzw. Abteilen des Substrates 1 mittels der Höhlung 2 und der Gräben 4a bis 4d ausgebildet. Der rechteckige Rahmenteil 5 ist an den Seiten der Höhlung 2 und der Gräben 4a und 4b angeordnet, und ist auf einer Oberfläche des Basisplattenteils 3 ausgebildet. Der rechteckige Rahmenteil 5 besteht aus einer Seitenwand des Substrates 1. Die Balkenstruktur 6 ist über der Höhlung 2 angeordnet und erstreckt sich von dem rechteckigen Rahmenteil 5 her. Die Balkenstruktur 6 ist hier so angeordnet, daß sie einen vorbestimmten Abstand t von der oberen Oberfläche des

Basisplattenteils 3 beibehält. Weiterhin werden die festen Elektroden 16a bis 16d, 17a bis 17b, 22a bis 22b und 23a bis 23d dadurch definiert, daß sie durch die Höhlung 2 und die Gräben 4a und 4b abgeteilt werden. Jede der festen Elektroden ist oberhalb der Höhlung 2 angeordnet und erstreckt sich von dem rechteckigen Rahmenteil 5 her.

In Fig. 5 umfaßt die Balkenstruktur 6 Ankerteile 7 und 8, Balkenteile 9 und 10, einen Massenteil 11 und bewegliche Elektroden 12a, 12b, 12c, 12d, 13a, 13b, 13c und 13d. Die Ankerteile 7 und 8 stehen jeweils von zwei Innenwandoberflächen hervor, die einander gegenüberliegen. Der Massenteil 11 ist mit den Ankerteilen 7 und 8 über die Balkenteile 9 und 10 verbunden und getragen. Mit anderen Worten, der Massenteil 11 wird von den Ankerteilen 7 und 8 an den Innenseiten des rechteckigen Rahmenteils 5 schwebend gehalten, und ist so angeordnet, daß er von der oberen Oberfläche des Basisplattenteils 3 einen vorbestimmten Abstand beibehält.

Isolierende Gräben bzw. Isoliergräben 14a und 14b sind zwischen den Ankerteilen 7, 8 und den Balkenteilen 9, 10 ausgebildet. Elektrisch isolierende Materialien bzw. elektrische Isoliermaterialien 15a und 15b, die aus einer Oxiddünnschicht oder dergleichen bestehen, sind in den Isoliergräben 14a und 14b angeordnet (eingebettet oder eingefüllt), um zwischen den Ankerteilen 7, 8 und den Balkenteilen 9, 10 elektrisch zu isolieren.

Die vier beweglichen Elektroden 12a bis 12d stehen von einer Seitenoberfläche des Massenteils 11 hervor, und die vier beweglichen Elektroden 13a bis 13d stehen von einer anderen Seitenoberfläche des Massenteils 11 hervor. Die beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d bilden einen Kammgestalt, in der jede von diesen sich in einem gleichen Abstand voneinander parallel zueinander erstreckt. Auf diese Weise besitzt die Balkenstruktur 6 die beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d, die sich infolge einer Wirkung einer Beschleunigung als einer physikalischen Größe verlagern.

In Fig. 5 sind die ersten festen Elektroden 16a, 16b, 16c und 16d und die zweiten festen Elektroden 17a, 17b, 17c und 17d jeweils an einer von zwei Innenwandoberflächen des rechteckigen Rahmenteils 5, die sich einander gegenüberliegenden, fixiert. Die ersten festen Elektroden 16a bis 16d sind so angeordnet, daß sie einen vorbestimmten Abstand t von der oberen Oberfläche des Basisplattenteils 3 beibehalten, und stehen bzw. liegen einer Seite der beweglichen Elektroden 12a bis 12d gegenüber. Gleichermaßen sind die zweiten festen Elektroden 17a bis 17d so angeordnet, daß sie einen vorbestimmten Abstand t von der oberen Oberfläche des Basisplattenteils 3 beibehalten, und stehen bzw. liegen einer anderen Seite der beweglichen Elektroden 12a bis 12d gegenüber. Isoliergräben 18a bis 18d (s. Fig. 3) sind hier zwischen den ersten festen Elektroden 16a bis 16d und dem rechteckigen Rahmenteil 5 ausgebildet, und elektrische Isoliermaterialien 19a bis 19d wie eine Oxiddünnschicht (s. Fig. 3) sind in den Isoliergräben 18a bis 18d eingebettet (eingefüllt), um die ersten festen Elektroden 16a bis 16d von dem rechteckigen Rahmenteil 5 zu isolieren. Gleichermaßen sind Isoliergräben 20a bis 20d (s. Fig. 4) zwischen den zweiten festen Elektroden 17a bis 17d und dem rechteckigen Rahmenteil 5 ausgebildet, und elektrische Isoliermaterialien 21a bis 21d wie eine Oxiddünnschicht (s. Fig. 4) sind in den Isoliergräben 20a bis 20d eingebettet, um die zweite festen Elektroden 17a bis 17d von dem rechteckigen Rahmenteil 5 zu isolieren.

Gleichermaßen, in Fig. 5, sind erste feste Elektroden 22a, 22b, 22c und 22d und zweite feste Elektroden 23a, 23b, 23c und 23d jeweils an der anderen der zwei Innenwandoberflächen des rechteckigen Rahmenteils 5, die sich einander ge-

genüberliegen, fixiert. Die ersten festen Elektroden 22a bis 22d sind so angeordnet, daß sie einen vorbestimmten Abstand t von der oberen Oberfläche des Basisplattenteils 3 beibehalten, und liegen einer Seite der beweglichen Elektroden 13a bis 13d gegenüber. Gleichmaßen sind die zweiten festen Elektroden 23a bis 23d so angeordnet, daß sie einen vorbestimmten Abstand t von der oberen Oberfläche des Basisplattenteils 3 beibehalten, und liegen einer anderen Seite der beweglichen Elektroden 13a bis 13d gegenüber. Die Isoliergräben 24a bis 24d (s. Fig. 3) sind hier zwischen den ersten festen Elektroden 22a bis 22d und dem rechteckigen Rahmenteil 5 ausgebildet, und elektrische Isoliermaterialien 25a bis 25d wie z. B. eine Oxiddünnschicht (s. Fig. 3) sind in den Isoliergräben 24a bis 24d eingebettet, um die ersten festen Elektroden 22a bis 22d von dem rechteckigen Rahmenteil 5 zu isolieren. Gleichmaßen sind die Isoliergräben 26a bis 26d (s. Fig. 4) zwischen den zweiten festen Elektroden 23a bis 23d und dem rechteckigen Rahmenteil 5 ausgebildet, und elektrische Isoliermaterialien 27a bis 27d wie z. B. eine Oxiddünnschicht (s. Fig. 4) sind in den Isoliergräben 26a bis 26d eingebettet, um die zweiten festen Elektroden 23a bis 23d von dem rechteckigen Rahmenteil 5 zu isolieren.

Auf diese Weise, gemäß dieser Ausführungsform, werden die beweglichen Elektroden und die festen Elektroden von dem rechteckigen Rahmenteil 5 über die elektrischen Isoliermaterialien 15a, 15b, 19a bis 19d, 21a bis 21d, 25a bis 25d und 27a bis 27d wie die Oxiddünnschicht, die in den Isoliergräben eingebettet bzw. vergraben ist, getragen und sind von der Seite der Basisplatte 3 elektrisch isoliert.

Wie in Fig. 2 gezeigt ist, wird das elektrische Potential der ersten festen Elektroden 16a bis 16d durch eine Leitung 28 hindurch extern herausgenommen, und das elektrische Potential der zweiten festen Elektroden 17a bis 17d wird durch eine Leitung 29 hindurch extern herausgenommen. Gleichmaßen wird das elektrische Potential der ersten festen Elektroden 22a bis 22d durch eine Leitung 30 hindurch extern herausgenommen, und das elektrische Potential der zweiten festen Elektroden 23a bis 23d wird durch eine Leitung 31 hindurch extern herausgenommen. Im einzelnen wird, wie in Fig. 3 gezeigt, das elektrische Potential von den ersten festen Elektroden 16a bis 16d und 22a bis 22d über die Leitungen 28, 30, die auf der Oxiddünnschicht 32, 33 ausgebildet sind, durch Kontakteile 34 und 35 hindurch extern herausgenommen, die von dem rechteckigen Rahmenteil 5 elektrisch isoliert sind. Weiterhin, wie in Fig. 4 gezeigt, wird das elektrische Potential von den zweiten festen Elektroden 17a bis 17d und 23a bis 23d über die Leitungen 29, 31, die auf der Oxiddünnschicht 32, 33 ausgebildet sind, durch Kontakteile 36 und 37 hindurch extern herausgenommen, die von dem rechteckigen Rahmenteil 5 elektrisch isoliert sind.

Weiterhin, wie in Fig. 2 gezeigt, wird das Potential der beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d mittels der Leitungen 28, 39 (im einzelnen durch den in den Balkenteilen 9, 10 bereitgestellten Kontakteil hindurch) durch den Massenteil 11 und die Balkenteile 9, 10 hindurch extern herausgenommen.

Andererseits wird eine Schutzdünnschicht auf einer Seitenwand des in dem Substrat 1 ausgebildeten Grabens ausgebildet. Die Fig. 3 und 4 zeigen einen Zustand, wo die Schutzdünnschicht jeweils auf den Seitenwänden des Massenteils 11 und der festen Elektroden 16b, 17a, 22b und 23a ausgebildet ist. Das heißt, wie in den Fig. 3 und 4 gezeigt, eine Schutzdünnschicht 40 ist auf der Seitenwand des Massenteils 11 ausgebildet, und Schutzdünnschichten 41 und 42 sind auf den Seitenwänden der festen Elektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d ausgebildet.

Weiterhin sind Oxiddünnschichten 32 und 33 auf der Oberfläche des Substrates 1 ausgebildet (in den Fig. 3 und 4: auf den Oberfläche des rechteckigen Rahmentails 5, des Massenteils 11 und der festen Teile 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d).

Wie oben beschrieben wurde, gemäß dem Halbleiterbeschleunigungssensor dieser Ausführungsform, wie in den Fig. 3 und 5 gezeigt, wird der Basisplattenteil 3 durch die Höhlung 2 abgeteilt; wird der rechteckige Rahmenteil 5 durch die Höhlung 2 und die 4a und 4b abgeteilt; wird die Balkenstruktur 6 mit den beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d durch die Höhlung 2 und die Gräben 4a bis 4d abgeteilt; und werden die festen Elektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d durch die Höhlung 2 und den Gräben 4a und 4b abgeteilt. Weiterhin sind die Gräben 14a, 14b, 18a bis 18d, 20a bis 20d, 24a bis 24d und 26a bis 26d zwischen den beweglichen Elektroden 12a bis 12d, 13a bis 13d und dem rechteckigen Rahmenteil 5 und zwischen den festen Elektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d, 23a bis 23d und dem rechteckigen Rahmenteil 5 ausgebildet. Die elektrischen Isoliermaterialien 15a, 15b, 19a bis 19d, 21a bis 21d, 25a bis 25d und 27a bis 27d sind in den Gräben 14a, 14b, 18a bis 18d, 20a bis 20d, 24a bis 24d und 26a bis 26d eingebettet.

Folglich werden der Basisplattenteil 3, der rechteckige Rahmenteil 5, die Balkenstruktur 6 und die festen Elektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d durch die Höhlung 2 und die Gräben 4a bis 4d, die in dem Siliziumsubstrat 1 ausgebildet sind, abgeteilt, bzw. getrennt; und die Elektroden werden durch die elektrischen Isoliermaterialien 15a, 15b, 19a bis 19d, 21a bis 21d, 25a bis 25d und 27a bis 27d, die in den Gräben 14a, 14b, 18a bis 18d, 20a bis 20d, 24a bis 24d und 26a bis 26d eingebettet bzw. vergraben sind, die zwischen den beweglichen Elektroden 12a bis 12d, 13a bis 13d und dem rechteckigen Rahmenteil 5 und zwischen den festen Elektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d, 23a bis 23d und dem rechteckigen Rahmenteil 5 ausgebildet sind, elektrisch isoliert.

Wie oben beschrieben wurde, kann eine Querschnittsstruktur des Sensors vereinfacht werden, da das Einschicht-halbleitersubstrat, im Detail, das einkristalline Siliziumsubstrat 1, für den Halbleiterbeschleunigungssensor verwendet wird, in dem die Balkenstruktur mit den beweglichen Elektroden und die festen Elektroden, die den beweglichen Elektroden gegenüberliegen, in dem einen Siliziumsubstrat integral ausgebildet sind.

Als nächstes werden die Arbeitsweisen des auf diese Weise konstruierten Beschleunigungssensors unter Bezugnahme auf Fig. 5 erklärt werden.

Ein erster Kondensator ist zwischen den beweglichen Elektroden 12a bis 12d und den ersten festen Elektroden 16a bis 16d definiert, und ein zweiter Kondensator ist zwischen den beweglichen Elektroden 12a bis 12d und den zweiten festen Elektroden 17a bis 17d definiert. Gleichmaßen ist ein erster Kondensator zwischen den beweglichen Elektroden 13a bis 13d und den ersten festen Elektroden 22a bis 22d definiert, und ein zweiter Kondensator ist zwischen den beweglichen Elektroden 13a bis 13d und den zweiten festen Elektroden 23a bis 23d definiert.

Hier sind die beweglichen Elektroden 12a bis 12d (13a bis 13d) bei einem Mittelteil zwischen den festen Elektroden 16a bis 16d (22a bis 22d) und den 17a bis 17d (23a bis 23d) zu beiden Seiten angeordnet. Die elektrostatischen Kapazitäten C1 und C2 zwischen den beweglichen Elektroden und den festen Elektroden sind einander gleich. Weiterhin wird eine Spannung V1 zwischen der beweglichen Elektrode 12a bis 12d (13a bis 13d) und den festen Elektroden 16a bis 16d (22a bis 22d) angelegt; und eine Spannung V2

wird zwischen der beweglichen Elektrode 12a bis 12d (13a bis 13d) und den festen Elektroden 17a bis 17d (23a bis 23d) angelegt.

Wenn keine Beschleunigung einwirkt, ist die Spannung V1 gleich der Spannung V2, und die beweglichen Elektroden 12a bis 12d (13a bis 13d) werden von den festen Elektroden 16a bis 16d (22a bis 22d) und von den festen Elektroden 17a bis 17d (23a bis 23d) mit derselben elektrostatischen Kraft voneinander angezogen.

Wenn eine Beschleunigung in einer Richtung parallel zu der Oberfläche des Substrates 1 wirkt, werden die beweglichen Elektroden 12a bis 12d (13a bis 13d) so verlagert, daß der Abstand zwischen den beweglichen Elektroden und den festen Elektroden geändert wird. Als eine Folge wird die elektrostatische Kapazität C1 von der elektrostatischen Kapazität C2 verschieden.

In diesem Fall, wenn die beweglichen Elektroden 12a bis 12d (13a bis 13d) in Richtung der Seite der festen Elektroden 16a bis 16d (22a bis 22d) verlagert werden, werden die Spannungen V1 und V2 extern so gesteuert, daß die elektrostatischen Kapazitäten C1 und C2 einander gleich werden. In diesem Fall wird die Spannung V1 erniedrigt, und die Spannung V2 wird erhöht. Somit werden die beweglichen Elektroden 12a bis 12d (13a bis 13d) in Richtung der Seite der festen Elektroden 17a bis 17d (23a bis 23d) angezogen.

Wenn die elektrostatischen Kapazitäten C1 und C2 einander gleich werden, kehren die beweglichen Elektroden 12a bis 12d (13a bis 13d) als eine Folge zu dem Mittelteil zurück und die Beschleunigung und die elektrostatische Kraft gleichen einander aus. Daher kann das Ausmaß der Beschleunigung aus den Spannungen V1 und V2 erfaßt bzw. ermittelt werden.

Auf diese Weise, in dem ersten und zweiten Kondensator, werden die Spannungen der festen Elektroden, die den ersten und den zweiten Kondensator bilden, so gesteuert, daß die beweglichen Elektroden gegenüber Verlagerungen infolge einer Wirkung der Beschleunigung im wesentlichen unbewegt bleiben. Die Beschleunigung wird aus den Änderungen der Spannungen erfaßt bzw. ermittelt. Mit anderen Worten, der Halbleiterbeschleunigungssensor ist eine Art Sensor vom Kapazitätsänderungserfassungstyp.

Als nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen des Beschleunigungssensors unter Bezugnahme auf die Fig. 6 bis 10, die Querschnittsansichten sind, die entlang der Linie 4-4 in Fig. 1 genommen wurden, erklärt werden. Es sollte beachtet werden, daß, da eine Isolierstruktur (Trägerstruktur) von jeder von den festen Elektroden dieselbe ist wie jene der Balkenstruktur in dieser Erklärung, Erklärungen für die anderen Teile weggelassen werden.

Als erstes wird, wie in Fig. 6 gezeigt, ein einkristallines Siliziumsubstrat 1 als ein Einschiebhalbleitersubstrat bereit gestellt. Ein anisotropes Ätzen wird von einer oberen Oberfläche des Siliziumsubstrates 1 her so durchgeführt, daß sich vertikal erstreckende erste Gräben 20a und 26a strukturiert und ausgebildet werden. Die ersten Gräben 20a und 26a isolieren elektrisch die beweglichen Elektroden und die festen Elektroden von dem rechteckigen Rahmenteil. Eine Siliziumoxiddünnschicht wird auf dem Siliziumsubstrat 1 ausgebildet. Isoliermaterialien (Oxiddünnschichten) 21a und 27a werden in die Gräben 20a und 26a eingebettet. Danach wird die Oberfläche des Substrates mit einer Oxiddünnschicht 32 bedeckt.

Weiterhin, wie in Fig. 7 gezeigt, wird ein Leitungsmaterial ausgebildet und strukturiert, um eine Leitungsstrukturierung auszubilden. Als nächstes wird eine Oxiddünnschicht 33 ausgebildet, um die Leitungsstrukturierung 50 zu bedecken.

Wie in Fig. 8 gezeigt, werden Kontaktlöcher 36 und 37

durch teilweise Entfernen der auf dem Substrat 1 ausgebildeten Oxiddünnschichten 32, 33 und des Leitungsmaterials 50 ausgebildet. Des weiteren werden Leitungsmaterialien 29 und 31 ausgebildet und strukturiert.

Wie in Fig. 9 gezeigt ist, wird eine Maske 51 zum Ausbilden einer Struktur auf dem Substrat unter Verwendung einer Photolithographie ausgebildet. Die Oxiddünnschichten 32 und 33 werden durch die Maske 51 hindurch geätzt. Als nächstes wird ein anisotropes Ätzen (Grabenätzen) von der oberen Oberfläche des Siliziumsubstrates 1 her durch die Maske 51 hindurch ausgeführt, um so sich vertikal erstreckende Gräben (zweite Gräben) 4a und 4b zum Ausbilden des rechteckigen Rahmenteils, der Balkenstruktur und der festen Elektroden auszubilden. In Fig. 9 werden Bereiche, die der Massenteil 11 und die festen Elektroden 17a und 23a sein sollen, ausgebildet. Weiterhin werden Schutzdünnschichten 40 und 42 zum Schützen der Seitenwand vor einem isotropen Ätzen auf der Innenwandoberfläche der Gräben 4a und 4b ausgebildet. Danach werden Teile der Schutzdünnschichten, die an den unteren Oberflächen bzw. Bodenflächen der Gräben angebracht sind, entfernt. Somit werden die Schutzdünnschichten 40 und 42 auf den Seitenwänden der Gräben 4a und 4b mit Ausnahme der unteren Oberflächen bzw. Bodenflächen der Gräben 4a und 4b ausgebildet.

Hier ist es erforderlich, ein Material für die Schutzdünnschichten 40 und 42 auszuwählen, das für den Herstellungsprozeß geeignet ist. Im einzelnen können die Schutzdünnschichten 40 und 42 gebildet werden durch: Ausbilden eines Polymers oder dergleichen während des Grabenätzens; Ausbilden einer Oxiddünnschicht; Ablagern einer Oxiddünnschicht mittels CVD (chemische Abscheidung aus der Gasphase) oder dergleichen; Ausbilden einer dünnen Oxiddünnschicht mittels eines O₂-Plasmas oder dergleichen; oder Ausbilden einer Oxiddünnschicht mittels Chemie.

Weiterhin wird ein Leitungsmaterial geeignet ausgewählt auf der Grundlage eines Verfahrens zum Ausbilden der Schutzdünnschichten, das angewendet werden soll, und die Maske wird ebenfalls geeignet ausgewählt. Das heißt, wenn es keinen thermischen Schritt gibt, können die Leitungsmaterialien 29 und 31 aus einer metallischen Leitung wie Aluminium oder Polysilizium oder dergleichen bestehen; und es gibt sogar kein Problem, falls ein Photolack übrigbleibt, in Bezug auf die Maske zum Ausbilden der Struktur. Andererseits, wenn es einen thermischen Schritt gibt, können die Leitungsmaterialien 29 und 31 aus einem Metall mit hohem Schmelzpunkt wie Wolfram oder seiner Legierung oder Polysilizium bestehen. In Bezug auf die Maske zum Ausbilden der Struktur, wird der Photolack oder dergleichen entfernt, und die Struktur wird unter Verwendung einer Oxiddünnschichtmaske ausgebildet.

Auf diese Weise kann die Oxiddünnschicht als die Schutzdünnschicht verwendet werden, und insbesondere kann eine thermische Oxiddünnschicht als die Oxiddünnschicht verwendet werden. Hier, wenn die Oxiddünnschicht mittels eines Sauerstoffplasmaprozesses ausgebildet wird, kann er, verglichen mit der thermischen Oxidation, die Seitenwandschutzdünnschicht auf einfache Weise ausbilden. Weiterhin, da es keinen thermischen Prozeß gibt, kann die Schutzdünnschicht nach dem Verdrahtungs- bzw. Beschaltungsschritt, der das Ausbilden von Aluminium umfaßt, ausgebildet werden. Hier kann eine Dünnschicht, die während des Ätzens zum Ausbilden der Gräben (während des Ätzens ausgebildete Seitenwandschutzdünnschicht) erzeugt wurde, verwendet werden.

Als nächstes wird, wie in Fig. 10 gezeigt, ein isotropes Ätzen an dem Siliziumsubstrat 1 von der unteren Oberfläche der Gräben 4a und 4b her durchgeführt, so daß eine sich lateral erstreckende Höhlung 2 ausgebildet wird. Als eine

Folge werden der Basisplattenteil 3, der unterhalb der Höhlung 2 angeordnet ist, der rechteckige Rahmenteil 5, der bei der Seite der Höhlung 2 und der Gräben 4a und 4b angeordnet ist, die Balkenstruktur 6 mit den beweglichen Elektrode, die durch die Beschleunigung bewegt werden können, und die festen Elektroden 17a und 23a, die den beweglichen Teilen der Balkenstruktur 6 gegenüberliegen, voneinander abgeteilt bzw. getrennt. In Fig. 10 wird nur das Silizium unter dem Massenteil 11 und den festen Elektroden 17a und 23a durch das Ätzen entfernt. Insbesondere wird der Massenteil 11 vollständig von dem Basisplattenteil 3 getrennt, und ein Lufspalt mit einem vorbestimmten Innendurchmesser 1 wird unter der Balkenstruktur 6 ausgebildet.

Hier, in diesem isotropen Ätzen, ist es erforderlich, das Material der Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 aus einem Material auszuwählen, das während des isotropen Ätzens nicht geätzt wird. Weiterhin, wenn ein Plasmaätzprozeß unter Verwendung eines Gases wie SiF_4 oder CF_4 in dem isotropen Ätzen verwendet wird, kann der Durchsatz des Ausbildens der Struktur nach dem Ätzen im Vergleich zu einem Naßätzschritt verbessert werden.

Schließlich kann der in Fig. 4 gezeigte Beschleunigungssensor durch entfernen der Ätzmaske 51 fertiggestellt werden.

Durch Anwenden der oben beschriebenen Schritte kann die bewegliche Struktur mittels dem einkristallinen Silizium ausgebildet werden, ohne einen Schritt des Verbindens von Substraten anzuwenden oder ohne bondierte Wafer zu verwenden. Daher kann sie die Sensoren mit geringen Kosten und hoher Zuverlässigkeit ausbilden. Im einzelnen, in dem Beschleunigungssensor, in dem die Balkenstruktur mit den beweglichen Elektroden und die festen Elektroden, die den beweglichen Elektroden gegenüberliegen, in dem einen Siliziumsubstrat integral ausgebildet sind, kann sie das Einschichtbleitersubstrat (einkristallines Siliziumsubstrat) als einen Start-Wafer beim Herstellen verwenden, und sie kann in großem Ausmaß die Herstellungskosten des Sensors verringern, da sie den Bondierungsschritt bzw. Schritt des Verbindens der Substrate nicht anwenden muß.

Ein Verfahren zum Ausbilden der Gräben 4a und 4b und der Höhlung 2 ist hier ebenfalls in den amerikanischen Patenten US-A-5198390 und US-A-5719073 offenbart.

Jedoch besitzt das Herstellungsverfahren gemäß dieser Ausführungsform die folgenden Effekte, im Vergleich zu dem Fall, wo das in den US-A-5198390 oder US-A-5719073 offenbarte Verfahren angewendet oder modifiziert wird. Gemäß dem in US-A-5198390 offenbartem Verfahren werden eine bewegliche Struktur und Elektroden mittels eines einkristallinen Siliziumsubstrates mittels eines sogenannten SCREAM-Prozesses ausgebildet, der einen Photolithographieschritt, mehrere Trockenätzschritte und einen Dünnschichtausbildungsschritt umfaßt. In dem Fall, wo der SCREAM-Prozeß angewendet wird, kann die bewegliche Struktur ausgebildet werden, es ist jedoch sehr schwierig, einen beweglichen Teil und einen festen Teil zu isolieren und abzusondern bzw. zu trennen, und es ist fast unmöglich, einen Sensor für eine physikalische Größe wie einen Beschleunigungssensor oder einen Gierratensensor herzustellen. Andererseits, gemäß dieser Ausführungsform, kann ein Sensor für eine physikalische Größe wie ein Beschleunigungssensor oder ein Gierratensensor durch Anwenden eines isolierenden Isolationsschrittes hergestellt werden, was in dem Stream-Prozeß nicht realisiert werden kann.

Weiterhin isolieren und trennen die Isoliergräben dieser Ausführungsform die festen Elektroden von dem rechteckigen Rahmenteil durch Verwendung der in dem unteren Teil ausgebildeten Höhlung 2, wobei eine Tiefe von jedem von den Isoliergräben genügt, solange wie der Isoliergraben die

Höhlung 2 erreicht.

Weiterhin ist es vorteilhaft, das elektrische Isoliermaterial in die Höhlung 2 hinein hervorstehen zu lassen, da die Isolierung ohne Ausfall erreicht wird.

In der oben erwähnten Erklärung, wie in Fig. 11 gezeigt, ist der zwischen der festen Elektrode 60 und dem rechteckigen Rahmenteil 5 bereitgestellte Isoliergraben 61 (Isolierdünnschicht) parallel zu einer vertikalen Oberfläche des rechteckigen Rahmenteils 5 ausgebildet und ist linear ausgebildet, jedoch kann der Isoliergraben auch so ausgebildet sein, daß ein Mittelteil eines Teiles, der von dem rechteckigen Rahmenteil 5 hervorsticht, stattdessen in Richtung eines Spitzen- bzw. Endteils der festen Elektrode 60 wie in einer Draufsicht auf den Isoliergraben hervorsticht, wie in den Fig. 12 und 13 gezeigt. Im einzelnen, wie in Fig. 12 gezeigt, kann der Isoliergraben 62 in Richtung einer Seite der festen Elektrode 60 hervorstehen, so daß er eine Dreiecksgestalt (spitz zulaufende Gestalt) oder eine rechteckige Gestalt besitzt.

Indem man die Seitenwand des rechteckigen Rahmenteils 5 in Richtung der Seite der festen Elektrode 60 hervorstehen läßt, wird ein Teil (Teil mit langsamer Ätzgeschwindigkeit) 64, in dem ein Vorrücken des isotropen Ätzens relativ langsam ist, bei einem unteren Teil eines Fußteils der festen Elektrode 60 ausgebildet. Jedoch gibt es kein Problem, wenn das Ätzen beendet wird, bevor der Teil 64 mit langsamer Ätzgeschwindigkeit vollständig entfernt ist, da der Teil 64 mit langsamer Ätzgeschwindigkeit durch die Isoliergräben 62 und 63 isoliert bzw. abgesondert wird. Folglich kann eine Zeit des isotropen Ätzens zum Abteilen der festen Elektrode 60 von dem rechteckigen Rahmenteil 5 verkürzt werden. Mit anderen Worten, wenn das Ätzen mit einer zeitlichen Festlegung beendet wird, bei dem ein zurückbleibender Teil bzw. Abschnitt 64' immer noch vorhanden ist, wie in Fig. 11 gezeigt, kann die feste Elektrode 60 mit dem rechteckigen Rahmenteil 5 kurzgeschlossen werden. Andererseits, wenn die in Fig. 12 oder 13 gezeigte Struktur angewendet wird, kann die feste Elektrode 60 nicht mit dem rechteckigen Rahmenteil 5 kurzgeschlossen werden, sogar falls das Ätzen mit einer zeitlichen Festlegung beendet wird, bei dem ein zurückbleibender Teil (Teil mit langsamer Ätzgeschwindigkeit) 64 immer noch vorhanden ist.

Wie oben beschrieben wurde, kann das Ätzen, obwohl die Ätzgeschwindigkeit des Mittelteils des unteren Teils (Fußteils), bei dem er von dem rechteckigen Rahmenteil 5 hervorsticht, relativ langsam ist, wenn das isotrope Ätzen durchgeführt wird, in einem relativ kurzen Zeitraum durch Anwenden der in Fig. 12 oder 13 gezeigten Struktur beendet werden (die feste Elektrode 60 kann von dem rechteckigen Rahmenteil 5 isoliert werden, sogar falls das Ätzen mit einer zeitlichen Festlegung beendet wird, bei dem der zurückbleibende 64 immer noch vorhanden ist).

Weiterhin, in Bezug auf das Material, das in dem Graben zum Durchführen der isolierenden Absonderung bzw. isolierenden Isolation vergraben bzw. eingebettet werden soll, wird die Siliziumoxiddünnschicht in den in Fig. 6 in dem Siliziumsubstrat 1 ausgebildeten Gräben 20a und 26a eingebettet. Jedoch kann eine zusammengesetzte Vielschichtdünnschicht angewendet werden solange wie die isolierenden Isolation in dem Substrat 1 sichergestellt ist. Das heißt, das Einschichtisoliermaterial (Siliziumoxiddünnschicht) wurde als das in dem Graben einzubettende Material beschrieben, jedoch kann stattdessen ein Material (z. B. Polysilizium) 67, bedeckt von dem Isoliermaterial (z. B. der Siliziumoxiddünnschicht) 66, wie in Fig. 14 gezeigt, verwendet werden. In diesem Fall kann eine in dem Graben 65 erzeugte mechanische Spannung durch Verwendung des Polysiliziums mit niedriger mechanischer Spannung verringert wer-

den, verglichen mit dem Fall, bei dem nur eine Oxiddünnschicht darin eingebettet ist. Um diese Struktur herzustellen, nach dem Ausbilden eines Grabens, wie in Fig. 15A gezeigt, wird eine Siliziumoxiddünnschicht 66 auf einer Innenwand- oberfläche des Grabens 65 ausgebildet und ein Polysilizium wird darin wie in Fig. 15B gezeigt eingebettet.

Wie oben beschrieben wurde, kann das Isoliermaterial oder das mit dem Isoliermaterial bedeckte leitfähige Material als das in dem Graben einzubettende Material verwendet werden. Weiterhin, wenn das Material mit niedriger mechanischer Spannung (z. B., Polysilizium), das mit der Siliziumoxiddünnschicht bedeckt ist, eingebettet wird, kann die in dem Graben erzeugte mechanische Spannung verglichen mit dem Fall verringert werden, wo nur die Oxiddünnschicht in dem Graben eingebettet (eingefüllt) ist, aufgrund des Materials mit niedriger mechanischer Spannung (Polysilizium).

[Zweite Ausführungsform]

Als nächstes wird eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erklärt werden. Die Unterschiede zwischen bzw. zu der ersten Ausführungsform werden hier hauptsächlich beschrieben werden.

Fig. 16 zeigt eine Querschnittsansicht eines Beschleunigungssensors dieser Ausführungsform. Fig. 16 entspricht dem Querschnitt, der entlang der Linie 6-6 in Fig. 1 genommen wird, und entspricht ebenfalls dem Querschnitt der festen Elektrode, der entlang einer Linie 16-16 in Fig. 17 genommen wird.

Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform in einer Struktur zum Tragen der festen Elektrode (und Balkenstruktur) und zum Durchführen der Isolierung.

Stützen 71 und 72 aus elektrisch isolierendem Material bzw. elektrischem Isoliermaterial (z. B. Oxiddünnschicht) sind vertikal auf dem Basisplattenteil 3 bereitgestellt. Die Stützen 71 und 72 tragen (stützen) wenigstens eine feste Elektrode 70 oder die Balkenstruktur 5, wobei sie elektrisch isoliert sind. Im einzelnen wird die feste Elektrode 70 durch die Höhlung 2 und die Gräben 4a und 4b abgeteilt, ist oberhalb der Höhlung 2 angeordnet, erstreckt sich von dem rechteckigen Rahmenteil 5 und liegt dem beweglichen Teil der Balkenstruktur 6 gegenüber. Weiterhin sind die Stützen 71 und 72, die aus dem elektrisch isolierenden Material bzw. elektrischem Isoliermaterial (z. B. Oxiddünnschicht) bestehen, in den Gräben 80a und 80b eingebettet, die die feste Elektrode 70 durchdringen, und erstrecken sich in Richtung des Basisplattenteils 3.

Im einzelnen, wie in Fig. 18 gezeigt, sind eine bewegliche Elektrode 75 und feste Elektroden 76, 77 so angeordnet, daß ihre unteren Oberflächen in einem vorbestimmten Abstand 1 von dem Basisplattenteil 3 gehalten werden. Hier tritt eine Spannungsdifferenz zwischen der beweglichen Elektrode 75 und den festen Elektroden 76, 77 infolge einer Arbeitsweise des Sensors auf. In diesem Fall wirkt eine elektrostatische Kraft zwischen der beweglichen Elektrode 75 und den festen Elektroden 76 und 77 infolge der Spannungsdifferenz, und dann wird die bewegliche Elektrode 75 in Richtung der festen Elektroden 76 und 77 angezogen. Andererseits, gemäß dieser Ausführungsform, wirkt keine elektrostatische Kraft auf wenigstens die festen Elektroden 76 und 77, dadurch, daß die Struktur verwendet wird, in der die festen Elektroden 76 und 77 von einer Stütze 78 getragen werden, die aus einem Isoliermaterial besteht, wie in Fig. 19 gezeigt, da die festen Elektroden 76 und 77 an dem Basisplattenteil 3 fixiert sind. Daher ist eine Ausgabe des Sensors stabil.

Als nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen dieses

Beschleunigungssensors unter Bezugnahme auf die Fig. 20 bis 24 erklärt werden.

Als erstes wird, wie in Fig. 20 gezeigt, ein einkristallines Siliziumsubstrat 1 als ein Einschichthalbleitersubstrat bereitgestellt. Gräben 20d und 26d mit geringer Tiefe und tiefe Gräben 80a und 80b werden in dem Siliziumsubstrat 1 mittels Durchführen von anisotropem Ätzen von einer oberen Oberfläche des Siliziumsubstrates 1 her ausgebildet. Mit anderen Worten, erste Gräben 20d und 26d, die sich vertikal erstrecken, zum elektrisch Isolieren der beweglichen Elektroden und der festen Elektroden von dem rechteckigen Rahmenteil werden ausgebildet; und zweite Gräben 80a und 80b, die sich vertikal tiefer als die ersten Gräben erstrecken, zum Tragen von wenigstens der festen Elektroden oder der Balkenstruktur auf dem Basisplattenteil werden ausgebildet. Eine Siliziumoxiddünnschicht wird auf dem Siliziumsubstrat 1 ausgebildet, und Isoliermaterialien (z. B. Oxiddünnschicht) 21d, 27d, 71 und 72 werden in den Gräben 20d, 26d, 80a und 80b eingebettet. Somit werden die Stützen 71 und 72, die aus dem Isoliermaterial bestehen, ausgebildet. Weiterhin wird die Oberfläche des Substrates mit einer Oxiddünnschicht 32 bedeckt.

Als nächstes, wie in Fig. 21 gezeigt, wird ein Leitungsmaterial ausgebildet und strukturiert, um eine Leitungsstrukturierung 50 auszubilden. Eine Oxiddünnschicht 33 wird ausgebildet, um die Leitungsstrukturierung 50 zu bedecken.

Wie in Fig. 22 gezeigt ist, werden Kontaktlöcher 36 und 37 durch teilweise Entfernen der Oxiddünnschichten 32 und 33, die auf dem Substrat 1 ausgebildet sind, und des Leitungsmaterials 50 ausgebildet. Weiterhin werden Leitungsmaterialien 29 und 31 ausgebildet und strukturiert.

Wie in Fig. 23 gezeigt ist, wird eine Maske 51 zum Ausbilden einer Struktur mittels Verwendung einer Photolithographie auf dem Substrat 1 ausgebildet. Die Oxiddünnschichten 32 und 33 werden durch die Maske 51 hindurch geätzt. Als nächstes wird anisotropes Ätzen (Grabenätzen) von der oberen Oberfläche des Siliziumsubstrates 1 her durch die Maske 51 hindurch durchgeführt, um so sich vertikal erstreckende dritte Gräben 4a und 4b zum Ausbilden des rechteckigen Rahmenteils, der Balkenstruktur und der festen Elektroden auszubilden. Weiterhin werden Schutzdünnschichten 40 und 42 zum Schützen der Seitenwand vor einem isotropen Ätzen auf der Innenwandoberfläche der Gräben 4a und 4b ausgebildet. Danach werden Teile der Schutzdünnschichten, die an den unteren Oberflächen bzw. Bodenflächen der Gräben angebracht sind, entfernt. Somit werden die Schutzdünnschichten 40 und 42 auf den Seitenwänden der Gräben 4a und 4b mit Ausnahme der unteren Oberflächen der Gräben 4a und 4b ausgebildet.

Hier ist es erforderlich, ein Material für die Schutzdünnschichten 40 und 42 auszuwählen, das für den Herstellungsprozeß geeignet ist. Im einzelnen können die Schutzdünnschichten 40 und 42 ausgebildet werden durch: Ausbilden eines Polymers oder dergleichen während des Grabenätzens; Ausbilden einer Oxiddünnschicht; Ablagern einer Oxiddünnschicht mittels CVD oder dergleichen; Ausbilden einer dünnen Oxiddünnschicht mittels eines O₂-Plasmas oder dergleichen; oder Ausbilden einer Oxiddünnschicht auf chemische Weise. Wenn es keinen thermischen Schritt gibt, können die Leitungsmaterialien 29 und 31 aus einer metallischen Leitung wie Aluminium oder Polysilizium oder dergleichen bestehen. Andererseits, wenn es einen thermischen Schritt gibt, können die Leitungsmaterialien 29 und 31 aus einem Metall mit hohem Schmelzpunkt wie Wolfram oder seiner Legierung oder Polysilizium bestehen.

Als nächstes, wie in Fig. 24 gezeigt, wird isotropes Ätzen an dem Siliziumsubstrat 1 von den unteren Oberflächen

bzw. Bodenflächen der dritten Gräben 4a und 4b her durchgeführt, so daß die unteren Enden der Stützen 71 und 72, die aus dem Isoliermaterial bestehen, in den zweiten Gräben 80a und 80b nicht freigelegt werden. Als eine Folge werden die Höhlung, die sich lateral erstreckt, der Basisplattenteil 3, der unterhalb der Höhlung 2 angeordnet ist, der rechteckige Rahmenteil 5, der bei der Seite der Höhlung 2 und der dritten Gräben 4a und 4b angeordnet ist, die Balkenstruktur 6 mit den beweglichen Elektroden, die durch die Beschleunigung bewegt werden können, und die festen Elektroden 70, die den beweglichen Teilen der Balkenstruktur 6 gegenüberliegen, voneinander abgeteilt bzw. getrennt.

Hier, in diesem isotropen Ätzen, ist es erforderlich, das Material der Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 aus einem Material auszuwählen, das während des isotropen Ätzens nicht geätzt wird. Weiterhin, wenn ein Plasmaätzprozeß unter Verwendung eines Gases wie SiF_4 oder CF_4 in dem isotropen Ätzen angewendet wird, kann der Durchsatz des Ausbildens der Struktur nach dem Ätzen im Vergleich zu einem Naßätzschritt verbessert werden.

Schließlich kann der in Fig. 16 gezeigte Beschleunigungssensor durch das Entfernen der Ätzmaske 51 fertiggestellt werden.

Wie oben beschrieben wurde, werden wenigstens die festen Elektroden 70 oder die Balkenstruktur 6 von den Stützen 71 und 72 getragen, die aus dem elektrisch isolierenden Material bzw. elektrischen Isoliermaterial bestehen und vertikal auf dem Basisplattenteil 3 bereitgestellt sind.

Daher, sogar wenn der Querschnittsbereich der unteren Oberfläche von wenigstens den festen Elektroden 70 oder der Balkenstruktur 6 klein ist, können wenigstens die festen Elektroden 70 oder die Balkenstruktur 6 durch die Stützen 71, 72, die aus dem elektrischen Isoliermaterial bestehen, getragen werden. Mit anderen Worten, wenn der Querschnittsbereich der unteren Oberfläche von wenigstens den festen Elektroden 70 oder der Balkenstruktur 6 nicht groß ist, ist es schwierig, wenigstens die festen Elektroden 70 oder die Balkenstruktur 6 an dem Basisplattenteil zu fixieren. Jedoch können, durch Anwenden dieser Struktur dieser Ausführungsform, wenigstens die festen Elektroden 70 oder die Balkenstruktur 6 sogar in einem engen bzw. schmalen Bereich angeordnet werden, und dieses Element kann von dem Basisplattenteil 3 vollständig isoliert werden. Dies ist besonders effektiv, wenn Modifikationen minimal sein müssen (z. B. Beschleunigungssensor).

Hier, in der oben erwähnten Erklärung, werden die festen Elektroden 70 von den Stützen 71 und 72 getragen, die vertikal auf dem Basisplattenteil 3 bereitgestellt sind, mit elektrischer Isolierung wie beschrieben. Jedoch kann eine ähnliche Struktur auf die Ankerteile 7 und 8 (siehe Fig. 1) der Balkenstruktur 6 angewendet werden.

Weiterhin können die in den Fig. 12 und 13 gezeigten Strukturen (der Mittelteil des Isoliergrabens als eine planare bzw. ebene Struktur streckt sich in Richtung des End- bzw. Spitzenteils hervor) oder die in den Fig. 14 und 15 gezeigten Strukturen (das in die Gräben einzubettende bzw. zu vergrabende Material besteht aus einem mit Isoliermaterial bedeckten Material niedriger mechanischer Spannung) auf diese Ausführungsform angewendet werden.

[Modifikation der zweiten Ausführungsform]

Als nächstes eine Modifikation der zweiten Ausführungsform, in der die vorliegende Erfindung auf einen ungerichteten Beschleunigungssensor (Seismoskop) angewendet ist.

Fig. 25 zeigt eine Draufsicht auf den ungerichteten Beschleunigungssensor, und Fig. 26 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 26-26 in Fig. 25 genommen

wurde. In dieser Modifikation erstreckt sich das isolierende Material bzw. Isoliermaterial 27d in Fig. 17 so nach unten, daß der untere Teil in dem Basisplattenteil 3 eingebettet bzw. vergraben ist. Das heißt, ein eingebettetes Material für die Elektrodenisolation wird als die Stütze verwendet. Dies entspricht den Elementen, die durch die Bezugszeichen 122 und 132 gekennzeichnet werden.

Der ungerichtete Beschleunigungssensor ist eine Art Beschleunigungssensor vom Schaltertyp und ist mit einem Basisplattenteil 100, einem Rahmenteil 101, einem Rahmenteil 114, einer beweglichen Massenelektrode 102, drei Balkenteilen 103, 104 und 105, vier festen Elektroden 118, 119, 120 und 121, und vier sensitivitätsjustierenden festen Elektroden 110, 111, 112 und 113 ausgestattet.

Der Basisplattenteil 100 ist bei dem unteren Teil der in dem Siliziumsubstrat 1 ausgebildeten Höhlung 2 definiert. Eine Balkenstruktur (Ankerteil 7, die drei Balkenteile 103 bis 105 und die bewegliche Massenelektrode 102) ist über der Höhlung 2 angeordnet. Die Balkenstruktur wird von einer Stütze 122 aus Isoliermaterial und einem Rahmenteil 114 getragen. Der Rahmenteil 114 ist im wesentlichen bei einem Mittelteil des Basisplattenteils 100 vertikal bereitgestellt. Eine zylindrische Stütze 122, die aus isolierendem Material bzw. Isoliermaterial besteht, ist bei der peripheren Oberfläche des Rahmentails 114 bereitgestellt. Ein unteres Ende der Stütze 122 ist in dem Basisplattenteil 100 eingebettet.

Eine bewegliche Elektrode 102 ist bei einem umgebenden Teil der zylindrischen Stütze 122 angeordnet und wird über die drei Balkenteile 103 bis 105 mittels des Ankerteils 7 getragen. Die drei Balkenteile 103 bis 105 sind elastisch deformierbar im wesentlichen parallel zu einer Oberfläche des Basisplattenteils 100. Im einzelnen besitzt jeder der Balkenteile 103 bis 105 eine Querschnittsgestalt, deren Höhe/Breite-Verhältnis (Länge in Längsrichtung gegen laterale Länge) groß ist, und ist in einem Kreisbogen als eine planare bzw. ebene Gestalt ausgebildet, um so im wesentlichen parallel zu einer Oberfläche des Basisplattenteils 100 elastisch deformierbar zu sein. Die bewegliche Massenelektrode 102 besitzt eine zylindrische Gestalt und wird parallel zu dem Basisplattenteil 100 getragen, wobei ein vorbestimmter Abstand von dem Basisplattenteil 100 beibehalten wird, und wird durch eine Beschleunigung verlagert. Weiterhin besitzt die bewegliche Massenelektrode 102 eine leitfähige erfassende Oberfläche 115 bei einer im wesentlichen zylindrischen Seitenwand, die sich vertikal erstreckt (eine periphere zylindrische Oberfläche).

Der Rahmenteil 101 wird durch einen in dem Substrat 1 ausgebildeten zylindrischen Graben 116 abgeteilt. Eine Stütze 132, die aus Isoliermaterial besteht, ist bei einer äußeren umgebenden Oberfläche des Grabens 116 bereitgestellt. Ein unteres Ende der Stütze 132 ist in dem Basisplattenteil 100 eingebettet. Die vier sensitivitätsjustierenden festen Elektroden 110 bis 113 werden durch den Rahmenteil 101 definiert. Die bewegliche Massenelektrode 102 ist bei einer Innenseite der sensitivitätsjustierenden festen Elektroden 110 bis 113 angeordnet, wobei ein vorbestimmter Abstand beibehalten wird. Weiterhin sind die festen Elektroden (hervorstehende Teile) 118 bis 121 oberhalb der Höhlung 2 angeordnet und stehen von dem Rahmenteil 101 (Stütze 132) hervor, das heißt, eine zylindrische Innenoberfläche, die der erfassenden Oberfläche bzw. Detektionsoberfläche 115 der beweglichen Massenelektrode 102 gegenüberliegt. Die festen Elektroden 118 bis 121 sind zwischen den sensitivitätsjustierenden festen Elektroden 110 bis 113 angeordnet. Weiterhin ist jede der sensitivitätsjustierenden festen Elektroden 110 bis 113 voneinander mittels einer Dünnschicht 117 (oder Lücke) getrennt.

Das Potential der beweglichen Massenelektrode **102** wird durch die Balkenteile **103** bis **105** und den Ankerteil **7** hindurch zu einer Elektrode **123** herausgenommen; die Potentiale der festen Elektroden **118** bis **121** werden zu Elektroden **124**, **125**, **126** und **127** herausgenommen; und die Potentiale der sensitivitätsjustierenden festen Elektroden **110** bis **113** werden zu Elektroden **128**, **129**, **130** und **131** herausgenommen.

Im einzelnen, in **Fig. 26**, sind die festen Elektroden **118** bis **121** von dem Rahmenteil **101** durch die aus Isoliermaterial bestehende Stütze **132** elektrisch isoliert. Eine Isolierdünnschicht **133** ist auf einer oberen Oberfläche eines Siliziumteils (Rahmenteils) **114** in der Stütze **122** ausgebildet, und die Elektrode **123** ist von dem Siliziumteil **114** elektrisch isoliert, so daß nur das Potential der beweglichen Elektrode **102** von der Elektrode **123** herausgenommen wird. Gleichmaßen ist eine Isolierdünnschicht **134** auf oberen Oberflächen der festen Elektroden **118** bis **121** ausgebildet, so daß die Potentiale der festen Elektroden **118** bis **121** durch die Elektroden **124** bis **127** herausgenommen werden.

Weiterhin erläßt ein nicht gezeigter Erfassungsschaltkreis bzw. Detektionsschaltkreis, daß die erfassende Oberfläche **115** der beweglichen Massenelektrode **102** mit den festen Elektroden (hervorstehenden Teilen) **118** bis **121** als eine Folge von Verlagerung der beweglichen Massenelektrode **102** durch externe Beschleunigung in Kontakt steht.

Die Oberflächen der drei Balkenteile **103** bis **105**, der beweglichen Massenelektrode **102**, der festen Elektroden **118** bis **121** und der sensitivitätsjustierenden festen Elektroden **110** bis **113** können hier wie folgt modifiziert werden. Das heißt, Fremdatome können in diese Oberflächen eingeführt werden mittels Ionenimplantation, Phosphorablagerung oder dergleichen, oder eine andere, aus einem leitfähigen Material bestehende Dünnschicht kann auf den Oberflächen ausgebildet werden mittels Ablagerung, Galvanisieren oder dergleichen, um den spezifischen elektrischen Widerstand dieser Struktur verringern.

Als nächstes wird die Arbeitsweise des ungerichteten Beschleunigungssensors erklärt werden.

Wenn keine Beschleunigung auf den Sensor einwirkt, behält die bewegliche Massenelektrode **102** immer noch einen vorbestimmten Abstand von den festen Elektroden **118** bis **121** bei. Eine vorbestimmte Spannung V_0 ist zwischen den festen Elektroden **118** bis **121** und der beweglichen Elektrode **102** angelegt; und eine vorbestimmte Spannung V_R ist zwischen den festen Elektroden **110** bis **113** und der beweglichen Elektrode **102** angelegt.

Wenn hier die Beschleunigung in einem rechteckigen Zwei-Achsen-Koordinatensystem (X-Y-Koordinaten) wirkt, das in der Oberfläche des Substrates **1** definiert ist, kontaktiert die erfassende Oberfläche **115** der beweglichen Massenelektrode eine von den festen Elektroden (hervorstehende Teile) **118** bis **121** als eine Folge der Verlagerung der beweglichen Massenelektrode **102**. Die Beschleunigung (Schwingung) wird mittels Erfassen dieser Kontaktierung erfaßt bzw. detektiert.

Im einzelnen, zum Beispiel, wenn die bewegliche Massenelektrode **102** in Richtung der X-Richtung in einer ebenen Ebene parallel zu der Oberfläche des Substrates **1** als einer Folge der Wirkung der Beschleunigung auf den Sensor verlagert wird, verringert sich ein Abstand zwischen der beweglichen Massenelektrode **102** und der festen Elektrode **119**. Wenn die Beschleunigung größer als ein bestimmtes Ausmaß ist, sieht die erfassende Oberfläche bzw. Detektionsoberfläche **115** mit der festen Elektrode **119** auf der X-Achse in Kontakt. Hier, da eine Spannungsdifferenz zwischen der beweglichen Massenelektrode **102** und der festen

Elektrode **119** eingestellt bzw. eingerichtet ist, fließt elektrischer Strom hindurch. Der Detektionsschaltkreis bzw. Erfassungsschaltkreis kann das Kontaktieren mittels Erfassen des Stromflusses erfassen. Gleichmaßen, wenn die bewegliche Massenelektrode **102** in Richtung der Y-Richtung in der ebenen Ebene parallel zu der Oberfläche des Substrates **1** als eine Folge einer Wirkung der Beschleunigung auf den Sensor verlagert wird, verringert sich ein Abstand zwischen der beweglichen Massenelektrode **102** und der festen Elektrode **118**. Wenn die Beschleunigung größer als ein bestimmtes Ausmaß ist, kontaktiert die erfassende Oberfläche **115** die feste Elektrode **118** auf der Y-Achse. Hier, da eine Spannungsdifferenz zwischen der beweglichen Massenelektrode **102** und der festen Elektrode **118** eingerichtet ist, fließt elektrischer Strom hindurch. Der Erfassungsschaltkreis kann dieses Kontaktieren mittels Erfassen des Stromflusses erfassen.

[Dritte Ausführungsform]

Als nächstes wird eine dritte Ausführungsform erklärt werden. Im folgenden werden die Unterschiede zwischen bzw. zu der ersten Ausführungsform hauptsächlich erklärt werden.

Fig. 27 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Beschleunigungssensor dieser Ausführungsform. Die **Fig. 28** und **29** zeigen jeweils Querschnittsansichten, die entlang der Linien 28-28 und 29-29 in **Fig. 27** genommen wurden.

In **Fig. 29** besteht ein SOI-Substrat (Silicon-On-Insulator-Substrat) **200** aus einem Trägersubstrat **201** und einer Halbleiterschicht (SOI-Schicht) **203** mit einer, als eine vergrabene Isolierdünnschicht auf dem Trägersubstrat **201** ausgebildeten, dazwischen angeordneten vergrabenen Oxiddünnschicht **202**. Das Trägersubstrat **201** und die Halbleiterschicht **203** bestehen aus einkristallinem Silizium.

Eine Höhlung **2**, die sich lateral erstreckt, ist in der Halbleiterschicht **203** des SOI-Substrates **200** ausgebildet, und Gräben **4a** bis **4d**, die sich vertikal erstrecken, sind in der Halbleiterschicht **203** ausgebildet. Ein Basisplattenteil **3** wird durch die Höhlung **2** abgeteilt und ist unter der Höhlung **2** angeordnet. Der Basisplattenteil **3** besteht aus dem Trägersubstrat **201** und der vergrabenen Oxiddünnschicht **202**. Ein rechteckiger Rahmenteil **5** wird durch die Höhlung **2** und die Gräben **4a** und **4b** abgeteilt und ist bei bzw. an den Seiten der Gräben **4a** und **4b** angeordnet. Eine Balkenstruktur **6** mit einer beweglichen Elektrode, die sich in Übereinstimmung mit einer Beschleunigung bewegen kann, wird durch die Höhlung **2** und die Gräben **4a** bis **4d** abgeteilt und ist über der Höhlung **2** angeordnet und erstreckt sich von dem rechteckigen Rahmenteil **5** her. Im einzelnen, wie in **Fig. 27** gezeigt, wird ein Massenteil **11** der Balkenstruktur **6** von zwei Ankerteilen **7** und **8** getragen, die aus der Halbleiterschicht **203** bestehen und von dem rechteckigen Rahmenteil **5** hervorstehen, über die Balkenteile **9** und **10**. Wie in **Fig. 29** gezeigt ist, ist der Massenteil **11** über einer oberen Oberfläche der vergrabenen Oxiddünnschicht **202** angeordnet, wobei ein vorbestimmter Abstand zu der oberen Oberfläche der vergrabenen bzw. eingebetteten Oxiddünnschicht **202** beibehalten wird.

Wie in **Fig. 27** gezeigt ist, sind die Ankerteile **7** und **8**, wobei sie elektrisch isoliert sind, mit den Balkenteilen **9** und **10** über Isoliermaterialien **15a** und **15b**, die aus einer Oxiddünnschicht oder dergleichen bestehen, verbunden. Vier bewegliche Elektroden **12a** bis **12d** stehen von einer Seitenoberflächen des Massenteils **11** hervor; und vier bewegliche Elektroden **13a** bis **13d** stehen von einer anderen Seitenoberfläche des Massenteils **11** hervor. Die beweglichen Elektroden **12a** bis **12d** und **13a** bis **13d** bilden eine Kammi-

gestalt, in der jede von diesen sich parallel mit jeder anderen mit einem gleichen Abstand erstreckt.

Die festen Elektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d werden durch die Höhlung 2 und die Gräben 4a und 4b abgeteilt; und jede von diesen ist über der Höhlung 2 angeordnet, erstreckt sich von dem rechteckigen Rahmenteil 5 her und liegt bzw. steht jeweils den beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d gegenüber.

Im einzelnen sind die ersten festen Elektroden 16a bis 16d und zweiten festen Elektroden 17a bis 17d an dem rechteckigen Rahmenteil 5 fixiert. Die ersten festen Elektroden 16a bis 16d sind jeweils über Isoliermaterialien 19a bis 19d, die aus einer Oxiddünnschicht oder dergleichen bestehen, mit dem rechteckigen Rahmenteil 5 verbunden und werden durch die Isoliermaterialien 19a bis 19d von dem rechteckigen Rahmenteil 5 elektrisch isoliert. Die ersten festen Elektroden 16a bis 16d liegen einer der Seitenoberflächen der beweglichen Elektroden 12a bis 12d gegenüber, die oberhalb der oberen Oberfläche der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 angeordnet sind, wobei der vorbestimmte Abstand dazwischen beibehalten wird. Gleichermäßen sind die zweiten festen Elektroden 17a bis 17d jeweils über Isoliermaterialien 21a bis 21d, die aus einer Oxiddünnschicht oder dergleichen bestehen, mit dem rechteckigen Rahmenteil 5 verbunden, und werden durch die Isoliermaterialien 21a bis 21d von dem rechteckigen Rahmenteil 5 elektrisch isoliert. Die zweiten festen Elektroden 17a bis 17d liegen einer anderen der Seitenoberflächen der beweglichen Elektroden 12a bis 12d gegenüber, die über der oberen Oberfläche der eingebetteten Oxiddünnschicht 202 angeordnet sind, wobei der vorbestimmte Abstand dazwischen beibehalten wird.

Gleichermäßen sind erste feste Elektroden 22a bis 22d und zweite feste Elektroden 23a bis 23d an dem rechteckigen Rahmenteil 5 fixiert. Die ersten festen Elektroden 22a bis 22d sind jeweils über Isoliermaterialien 25a bis 25d, die aus einer Oxiddünnschicht oder dergleichen bestehen, mit dem rechteckigen Rahmenteil 5 verbunden und werden durch die Isoliermaterialien 25a bis 25d von dem rechteckigen Rahmenteil 5 elektrisch isoliert. Die ersten festen Elektroden 22a bis 22d liegen einer der Seitenoberflächen der beweglichen Elektroden 13a bis 13d gegenüber, die oberhalb der oberen Oberfläche der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 angeordnet sind, wobei der vorbestimmte Abstand dazwischen beibehalten wird. Gleichermäßen sind die zweiten festen Elektroden 23a bis 23d jeweils über Isoliermaterialien 27a bis 27d, die aus einer Oxiddünnschicht oder dergleichen bestehen, mit dem rechteckigen Rahmenteil 5 verbunden, und werden durch die Isoliermaterialien 27a bis 27d von dem rechteckigen Rahmenteil 5 elektrisch isoliert. Die zweiten festen Elektroden 23a bis 23d liegen einer anderen der Seitenoberflächen der beweglichen Elektroden 13a bis 13d gegenüber, die über der oberen Oberfläche der eingebetteten Oxiddünnschicht 202 angeordnet sind, wobei der vorbestimmte Abstand dazwischen beibehalten wird.

Das Potential der ersten festen Elektroden 16a bis 16d wird durch eine auf den Oxiddünnschichten 32 und 33 (siehe Fig. 28) ausgebildeten Leitung 28 hindurch extern herausgenommen, die von dem rechteckigen Rahmenteil 5 elektrisch isoliert ist. Gleichermäßen wird das Potential der zweiten festen Elektroden 17a bis 17d durch eine Leitung 29 hindurch extern herausgenommen; das Potential der ersten festen Elektroden 22a bis 22d wird durch eine Leitung 30 hindurch extern herausgenommen; und das Potential der zweiten festen Elektroden 23a bis 23d wird durch eine Leitung 31 hindurch extern herausgenommen. Die Potentiale der beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d werden von den Leitungen 38 und 39 durch den Massenteil 11 und die Balkenteile 9 und 10 hindurch extern heraus-

genommen.

Als nächstes wird eine Querschnittsstruktur des Beschleunigungssensors unter Bezugnahme auf die Fig. 28 und 29 erklärt werden. Da jede der Trägerstrukturen und der Isolierstrukturen zwischen jeder der festen Elektroden und der Balkenstruktur einander gleich sind, werden im folgenden nur die in den Fig. 28 und 29 gezeigten Teile hauptsächlich beschrieben und eine Erklärung in Bezug auf die anderen Teile wird weggelassen.

Die festen Elektroden 16b, 22b, 17a und 23a werden von dem rechteckigen Rahmenteil 5 über Isoliermaterialien 19b, 25b, 21a und 27a getragen, in denen eine Oxiddünnschicht in den Gräben 18a, 24b, 20a und 26a eingebettet bzw. vergraben ist, und werden von dem rechteckigen Rahmenteil 5 durch die Isoliermaterialien 19b, 25b, 21a und 27a elektrisch isoliert. Schutzdünnschichten 40, 41 und 42 sind auf den Seitenwänden der Balkenstruktur (Massenteil 11 etc.) und der festen Elektroden 16a, 22b, 17a und 23a ausgebildet; und Isolierdünnschichten 32 und 33 sind auf den oberen Oberflächen der Balkenstruktur (Massenteil 11 etc.) und der festen Elektroden 16a, 22b, 17a und 23a ausgebildet. Die Potentiale der festen Elektroden 16b, 22b, 17a und 23a werden durch die Leitungen 28 bis 31 durch Kontaktlöcher 34 bis 37 hindurch extern herausgenommen.

In der oben beschriebenen Struktur ist ein erster Kondensator zwischen den beweglichen Elektroden 12a bis 12d und den ersten festen Elektroden 16a bis 16d definiert, und ein zweiter Kondensator ist zwischen den beweglichen Elektroden 12a bis 12d und den zweiten festen Elektroden 17a bis 17b definiert. Gleichermäßen ist ein erster Kondensator zwischen den beweglichen Elektroden 13a bis 13d und den ersten festen Elektroden 22a bis 22d definiert, und ein zweiter Kondensator ist zwischen den beweglichen Elektroden 13a bis 13d und den zweiten festen Elektroden 23a bis 23d definiert.

Wie oben beschrieben wurde, sind die Gräben 18b, 24b, 22a und 26a zwischen den festen Elektroden 16b, 22b, 17a, 23a und dem rechteckigen Rahmenteil 5 ausgebildet, und die Isoliermaterialien 19b und 25b sind darin eingebettet. Eine ähnliche Struktur ist zwischen der beweglichen Elektrode (im einzelnen Ankerteile 7 und 8) und dem rechteckigen Rahmenteil 5 angewendet.

Wie oben beschrieben wurde, werden der Basisplattenteil 3, der rechteckige Rahmenteil 5, die Balkenstruktur und die festen Elektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d durch die Höhlung 2 und die Gräben 4a bis 4d, die in der Halbleiterschicht 203 des SOI-Substrates ausgebildet sind, voneinander abgeteilt. Die Elektroden werden durch die elektrischen Isoliermaterialien 19b, 25b, 21a, 27a und so weiter, die in den Gräben 18b, 24b, 20a, 26a und so weiter vergraben bzw. eingebettet sind, die zwischen den beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d und dem rechteckigen Rahmenteil 5 und zwischen den festen Elektroden und dem rechteckigen Rahmenteil 5 ausgebildet sind, elektrisch isoliert.

Auf diese Weise kann, da das SOI-Substrat in einem Halbleitersensor für eine physikalische Größe verwendet wird, in dem die Balkenstruktur mit den beweglichen Elektroden und die festen Elektroden, die den beweglichen Elektroden gegenüberliegen, in einem Substrat integral ausgebildet sind, die Querschnittsstruktur des Sensors vereinfacht werden.

Hier ist die Art und Weise der Erfassung bzw. der Detektion der Beschleunigung im wesentlichen dieselbe wie jene in der ersten Ausführungsform.

Als nächstes wird ein Herstellungsverfahren unter Bezugnahme auf die Fig. 30 bis 34 erklärt werden, von denen jede eine Querschnittsansicht ist, die entlang der Linie 29-29 in

Fig. 27 genommen wurde.

Als erstes, wie in Fig. 30 gezeigt, wird ein SOI-Substrat **200**, das aus einem Trägersubstrat **201**, einer vergrabenen bzw. eingebetteten Oxiddünnschicht **202** und einer Halbleiterschicht **203** besteht, bereitgestellt. Ein anisotropes Ätzen wird von einer oberen Oberfläche der Halbleiterschicht **203** her durchgeführt, um die ersten Gräben **20a** und **26a** auszubilden, die sich vertikal erstrecken und dazu dienen, die beweglichen Elektroden und die festen Elektroden von dem rechteckigen Rahmenteil elektrisch zu isolieren. Danach wird eine Siliziumoxiddünnschicht auf der Halbleiterschicht **203** ausgebildet. Die Gräben **20a** und **26a** werden mit den Isoliermaterialien **21a** und **27a** gefüllt, und die Oberfläche der Halbleiterschicht **203** wird mit einer Oxiddünnschicht **32** bedeckt.

Weiterhin, wie in Fig. 31 gezeigt, wird ein Leitungsmaterial ausgebildet und strukturiert, um eine Leitungsstrukturierung auszubilden. Als nächstes wird eine Oxiddünnschicht **32** ausgebildet, um die Leitungsstrukturierung **50** zu bedecken.

Danach, wie in Fig. 32 gezeigt, werden Kontaktlöcher **36** und **37** mittels teilweise Entfernen der Oxiddünnschichten **32** und **33**, die auf dem Substrat **1** ausgebildet sind, und des Leitungsmaterials **50** ausgebildet. Weiterhin werden Leitungsmaterialien **29** und **31** ausgebildet und strukturiert.

Wie in Fig. 33 gezeigt ist, wird eine Maske **51** zum Ausbilden einer Struktur unter Verwendung einer Photolithographie auf dem SOI-Substrat **200** ausgebildet. Die Oxiddünnschichten **32** und **33** werden durch die Maske **51** hindurch geätzt. Als nächstes wird ein anisotropes Ätzen (Grabenätzen) von der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht **203** her durch die Maske **51** hindurch durchgeführt, um so sich vertikal erstreckende Gräben (zweite Gräben) **4a** und **4b** zum Ausbilden des rechteckigen Rahmenteils, der Balkenstruktur und der festen Elektroden auszubilden. Hier besitzen die Gräben **4a** und **4b** eine Tiefe, um nicht die vergrabene Oxiddünnschicht **202** zu erreichen (das anisotrope Ätzen wird beendet, bevor die eingebettete Oxiddünnschicht **202** erreicht wird).

Weiterhin werden Schutzdünnschichten **40** und **42** vor einem isotropen Ätzen zum Schützen der Seitenwand auf den Innenwandoberflächen der Gräben **4a** und **4b** ausgebildet. Danach werden die Teile der Schutzdünnschichten, die an den unteren Oberflächen bzw. Bodenflächen der Gräben angebracht sind, entfernt. Somit werden die Schutzdünnschichten **40** und **42** auf den Seitenwänden der Gräben **4a** und **4b** mit Ausnahme der Bodenflächen der Gräben **4a** und **4b** ausgebildet.

Hier ist es erforderlich, ein Material für die Schutzdünnschichten **40** und **42** auszuwählen, das für den Herstellungsprozeß geeignet ist. Im einzelnen können die Schutzdünnschichten **40** und **42** ausgebildet werden durch: Ausbilden eines Polymers oder dergleichen während des Grabenätzens; Ausbilden einer Oxiddünnschicht; Ablagern einer Oxiddünnschicht mittels CVD oder dergleichen; Ausbilden einer dünnen Oxiddünnschicht mittels eines O₂-Plasmas oder dergleichen; oder Ausbilden einer Oxiddünnschicht mittels Chemikalien bzw. Chemie. Wenn es keinen thermischen Schritt gibt, können die Leitungsmaterialien **29** und **31** aus einer metallischen Leitung wie Aluminium oder Polysilizium oder dergleichen bestehen. Andererseits, wenn es einen thermischen Schritt gibt, können die Leitungsmaterialien **29** und **31** aus einem Metall mit hohem Schmelzpunkt wie Wolfram oder seiner Legierung oder Polysilizium bestehen.

Als nächstes, wie in Fig. 34 gezeigt, wird isotropes Ätzen an der Halbleiterschicht **203** von den unteren Oberflächen bzw. Bodenflächen der zweiten Gräben **4a** und **4b** her unter

Verwendung der vergrabenen Oxiddünnschicht **202** als einer Ätzschutzschicht durchgeführt. Als eine Folge werden eine Höhlung, die sich lateral erstreckt, der Basisplattenteil **3**, der unterhalb der Höhlung **2** angeordnet ist, der rechteckige Rahmenteil **5**, der bei der Seite der Höhlung **2** und der zweiten Gräben **4a** und **4b** angeordnet ist, die Balkenstruktur **6** mit den beweglichen Elektroden, die durch die Beschleunigung bewegt werden können, und die festen Elektroden **17a** und **23a**, die den beweglichen Teilen der Balkenstruktur **6** gegenüberliegen, von einander abgeteilt. In Fig. 34 wird nur das Silizium unterhalb des Massenteils **11** und unterhalb der festen Elektroden **17a** und **23a** geätzt. Insbesondere werden der Massenteil **11** und der Basisplattenteil (die vergrabene Oxiddünnschicht **202** und das Trägersubstrat **201**) vollständig abgesondert bzw. getrennt, um dazwischen einen vorbestimmten Abstand zu haben.

In diesem Fall, da die Ätzgeschwindigkeit des anisotropen Ätzens der vergrabenen Oxiddünnschicht **202** hinreichend niedrig ist, wird die Oxiddünnschicht **202** kaum geätzt, sogar falls die vergrabene Oxiddünnschicht **202** als eine Folge davon, daß die Oxiddünnschicht **203** geätzt wird, exponiert bzw. freigelegt wird. Folglich kann sie die Abstände zwischen dem Massenteil **11** und der Oxiddünnschicht **202** und zwischen den festen Elektroden **17a** und **23a** und der Oxiddünnschicht **202** konstant halten. Weiterhin muß in diesen isotropen Ätzen die Kombination so ausgewählt werden, daß die Schutzdünnschichten **40** und **42** nicht geätzt werden. Wenn ein Plasmaätzprozeß unter Verwendung eines Gases wie SF₆ oder CF₄ in dem isotropen Ätzen angewendet wird, kann ein Durchsatz des Ausbildens der Struktur nach dem Ätzen verglichen mit einem Naßätzschritt verbessert werden.

Schließlich kann der in Fig. 29 gezeigte Beschleunigungssensor durch Entfernen der Ätzmaske **51** fertiggestellt werden.

Wie oben beschrieben wurde, kann sie ein SOI-Substrat als einen Start-Wafer beim Herstellen in einem physikalischen Halbleitersensor verwenden, in dem die Balkenstruktur **6** mit den beweglichen Elektroden und die festen Elektroden, die den beweglichen Elektroden gegenüberliegen, in einem Substrat integral ausgebildet sind, und sie kann in großem Ausmaß die Herstellungskosten des Sensors verringern, da sie den Schritt des Verbindens der Substrate nicht anwenden muß. Weiterhin, da die Herstellung mit dem SOI-Substrat **200** beginnt, kann sie auf einfache Weise die Elektroden wie die festen Elektroden und die beweglichen Elektroden mit bzw. gegen den Basisplattenteil (die vergrabene bzw. eingebettete Oxiddünnschicht **202** und das Trägersubstrat **201**) isolieren und absondern bzw. trennen. Folglich kann die Flexibilität beim Entwurf bzw. Design des Sensors erweitert werden. Weiterhin, da die vergrabene Oxiddünnschicht **202** als die Ätzschutzschicht verwendet wird, kann der Abstand (Luftspalt) zwischen den beweglichen Elektroden und dem Basisplattenteil auf einfache Weise gesteuert werden, da das Ätzen nach dem Freilegen bzw. Exponieren der eingebetteten Oxiddünnschicht **202** nicht nach unten vorrückt.

[Vierte Ausführungsform]

Als nächstes wird eine vierte Ausführungsform erklärt werden. Im folgenden werden hauptsächlich die Unterschiede zwischen bzw. zu der dritten Ausführungsform erklärt werden.

Fig. 35 zeigt eine Querschnittsansicht eines Sensors dieser Ausführungsform und entspricht einer Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 35-35 in Fig. 27 genommen wurde.

In dieser Ausführungsform wird wenigstens die Balkenstruktur oder die feste Elektrode durch eine Stütze **210** getragen, die vertikal auf dem Basisplattenteil **3** bereitgestellt ist.

Wie in **Fig. 35** gezeigt ist, in dem Ankerteil **7 (8)** in **Fig. 27**, erstreckt sich die Stütze **210** von einer oberen Oberfläche der vergrabenen bzw. eingebetteten Oxiddünnschicht **202** (Trägersubstrat **201**), und die Stütze **210** ist mit dem Ankerteil **7 (8)** verbunden. Die Stütze **210** ist ein Teil der Halbleiterschicht **203** und besteht aus einkristallinem Silizium. Das heißt, Höhlungen **2a** und **2b** sind in der Halbleiterschicht **203** des SOI-Substrates **200** ausgebildet, und die Stütze **210** ist zwischen den zwei Höhlungen **2a** und **2b** ausgebildet. Die Stütze **210** wird durch die vergrabene Oxiddünnschicht **202** von dem Trägersubstrat **201** elektrisch isoliert.

Auf diese Weise, gemäß dieser Struktur, die das SOI-Substrat verwendet, kann der Basisplattenteil **3** durch Zurückbleiben der Stütze **210**, die aus dem Silizium bei dem Basisplattenteil besteht, vollständig isoliert und abgesondert werden, aufgrund eines Vorhandenseins der vergrabenen Oxiddünnschicht **202**.

Diese Struktur ist auf die festen Elektroden ebenso wie die Trägerstruktur und die Isolierstruktur der Balkenstruktur (bewegliche Elektrode) angewendet. Das heißt, die festen Elektroden (**17a**, **23a** etc.) werden durch die Höhlung **2** und die Gräben **4a** und **4b** abgeteilt: sind oberhalb der Höhlung **2** angeordnet: erstrecken sich von dem Basisplattenteil **3** her; und liegen bzw. stehen der beweglichen Elektrode der Balkenstruktur gegenüber. Jedoch kann die aus Silizium bestehende Stütze **210** unterhalb der festen Elektrode zurückbleiben.

Als nächstes wird ein Herstellungsverfahren unter Bezugnahme auf die **Fig. 36** bis **40** erklärt werden.

Als erstes, wie in **Fig. 30** gezeigt, wird ein SOI-Substrat **200**, das aus einem Trägersubstrat **201**, einer vergrabenen Oxiddünnschicht **202** und einer Halbleiterschicht **203** besteht, bereitgestellt. Ein anisotropes Ätzen wird von einer oberen Oberfläche der Halbleiterschicht **203** her durchgeführt, um die Gräben **20a** und **26a** auszubilden. Danach wird eine Siliziumoxiddünnschicht auf der Halbleiterschicht **203** ausgebildet. Die Gräben **20a** und **26a** werden mit den Isoliermaterialien **21a** und **27a** gefüllt, und die Oberfläche der Halbleiterschicht **203** wird mit einer Oxiddünnschicht **32** bedeckt.

Weiterhin, wie in **Fig. 37** gezeigt, wird ein Leitungsmaterial ausgebildet und strukturiert, um eine Leitungsstrukturierung auszubilden. Als nächstes wird eine Oxiddünnschicht **33** ausgebildet, um die Leitungsstrukturierung **50** zu bedecken.

Danach, wie in **Fig. 38** gezeigt, werden Kontaktlöcher **36** und **37** mittels teilweise Entfernen der Oxiddünnschichten **32** und **33**, die auf dem Substrat **1** ausgebildet sind, und des Leitungsmaterials **50** ausgebildet. Weiterhin werden Leitungsmaterialien **29** und **31** ausgebildet und strukturiert.

Wie in **Fig. 39** gezeigt, wird eine Maske **51** zum Ausbilden einer Struktur auf dem SOI-Substrat **200** mittels Verwendung einer Photolithographie ausgebildet. Die Oxiddünnschichten **32** und **33** werden durch die Maske **51** hindurch trocken geätzt. Als nächstes wird ein anisotropes Ätzen (Grabenätzen) von der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht **203** durch die Maske **51** hindurch durchgeführt, um so die sich vertikal erstreckenden Gräben **4a** und **4b** zum Ausbilden des rechteckigen Rahmenteils, der Balkenstruktur und der festen Elektroden auszubilden. Hier besitzen die Gräben **4a** und **4b** eine Tiefe, derart, daß sie nicht die vergrabene Oxiddünnschicht **202** erreichen. Weiterhin werden Schutzdünnschichten **40** und **42** zum Schützen der Seiten-

wand vor einem isotropen Ätzen auf der Innenwandoberfläche der Gräben **4a** und **4b** ausgebildet. Danach werden Teile der Schutzdünnschichten, die an den unteren Oberflächen bzw. Bodenflächen der Gräben angebracht sind, entfernt.

Nach dem Ätzen der Halbleiterschicht **203** auf diese Weise durch das anisotrope Ätzen wird, wie in **Fig. 40** gezeigt, isotropes Ätzen an der Halbleiterschicht **203** von den unteren Oberflächen der Gräben **4a** und **4b** her mittels Verwendung der vergrabenen Oxiddünnschicht **202** als einer Ätzschutzschicht durchgeführt. Als eine Folge erstreckt sich eine Höhlung lateral, wobei das Silizium teilweise zurückbleibt. Als eine Folge ist die Balkenstruktur **6**, die über der eingebetteten Oxiddünnschicht **202** angeordnet ist, so angeordnet, daß ein vorbestimmter Abstand dazwischen beibehalten wird.

Schließlich kann der in **Fig. 35** gezeigte Beschleunigungssensor mittels Entfernen der Ätzmaske **51** fertiggestellt werden.

[Fünfte Ausführungsform]

Als nächstes wird eine fünfte Ausführungsform erklärt werden. Im folgenden werden hauptsächlich die Unterschiede zwischen bzw. zu der vierten Ausführungsform erklärt werden.

Fig. 41 zeigt eine Querschnittsansicht eines Sensors dieser Ausführungsform und entspricht einer Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 41-41 in **Fig. 27** genommen wurde.

Stützen **220** und **221**, die aus einem elektrisch isolierenden Material bzw. einem elektrischen Isoliermaterial (z. B. Oxiddünnschicht) bestehen, sind vertikal auf dem Basisplattenteil **3** bereitgestellt. Die Stützen **220** und **221** tragen (stützen) wenigstens die feste Elektrode oder die Balkenstruktur, wobei sie elektrisch isoliert sind. Im einzelnen sind die Stützen **220** und **221** (z. B. Oxiddünnschicht) in wenigstens der festen Elektrode oder der Balkenstruktur eingebettet, wobei die unteren Enden der Stützen **220** und **221** die vergrabene Oxiddünnschicht **202** erreichen, und Silizium ist zwischen den Stützen **220** und **221** angeordnet.

Im einzelnen werden die in **Fig. 41** gezeigten festen Elektroden **17d** und **23d** durch die Höhlung **2** und die Gräben **4a** und **4b** abgeteilt, sind oberhalb der Höhlung **2** angeordnet, erstrecken sich von dem rechteckigen Rahmenteil **5** her und liegen dem beweglichen Teil der Balkenstruktur **6** gegenüber. Weiterhin sind Gräben **230a** und **230b**, in denen die Isoliermaterialien **220** und **221** eingebettet sind, ausgebildet. Die festen Elektroden **17d** und **23d** werden, wobei sie elektrisch isoliert sind, von den Stützen **220** und **221**, die aus dem elektrischen Isoliermaterial bestehen und von dem Basisplattenteil **3** her vertikal bereitgestellt sind, getragen.

Wie in **Fig. 42** gezeigt ist, sind die bewegliche Elektrode **222** und die festen Elektroden **223** und **224** so angeordnet, daß ihre unteren Oberflächen einen vorbestimmten Abstand **t** von der eingebetteten Oxiddünnschicht **202** beibehalten. Hier tritt eine Spannungsdifferenz zwischen der beweglichen Elektrode **222** und den festen Elektroden **223** und **224** infolge einer Arbeitsweise des Sensors auf. In diesem Fall wirkt zwischen der beweglichen Elektrode **222** und den festen Elektroden **223** und **224** infolge der Spannungsdifferenz eine elektrostatische Kraft, und dann wird in dem Fall der in **Fig. 42** gezeigten Struktur die bewegliche Elektrode **222** in Richtung der festen Elektroden **223** und **224** angezogen. Andererseits, gemäß dieser Ausführungsform, wirkt die elektrostatische Kraft nicht auf wenigstens die festen Elektroden **223** und **224** mittels Anwenden der in **Fig. 43** gezeigten Struktur, da die festen Elektroden **223** und **224** an der eingebetteten bzw. vergrabenen Oxiddünnschicht **202**

(Trägersubstrat 201) fixiert sind. Daher ist eine Ausgabe des Sensors stabil.

Weiterhin, sogar wenn ein Querschnittsbereich der unteren Oberfläche von wenigstens der festen Elektroden oder der Balkenstruktur klein ist, können wenigstens die festen Elektroden oder die Balkenstruktur durch die Stützen 220 und 221, die aus dem elektrischen Isoliermaterial bestehen, durch Ausbilden der Stützen 220 und 221, die aus dem Isoliermaterial bestehen, getragen werden. Mit anderen Worten, wenn der Querschnittsbereich der unteren Oberfläche von wenigstens den festen Elektroden oder der Balkenstruktur nicht groß ist, ist es schwierig, wenigstens die festen Elektroden oder die Balkenstruktur an dem Basisplattenteil zu fixieren. Jedoch, indem man diese Maßnahme anwendet, können wenigstens die festen Elektroden oder die Balkenstruktur sogar in einem schmalen bzw. engen Bereich angeordnet werden, und dieses Element kann vollständig von dem Basisplattenteil isoliert werden. Sie ist besonders effektiv, wenn Modifikationen minimal sein müssen (z. B. Beschleunigungssensor).

Als nächstes wird ein Herstellungsverfahren dieses Beschleunigungssensors unter Bezugnahme auf die Fig. 44 bis 48 erklärt werden.

Als erstes, wie in Fig. 44 gezeigt, wird ein SOI-Substrat bereitgestellt. Gräben 20d und 26d mit geringer Tiefe und tiefe Gräben 230a und 230b werden in der Halbleiterschicht 203 mittels Durchführen von anisotropem Ätzen von einer oberen Oberfläche der Halbleiterschicht 203 des SOI-Substrates 200 her durchgeführt. Mit anderen Worten, erste Gräben 20d und 26d, die sich vertikal erstrecken, zum elektrisch Isolieren der beweglichen Elektroden und der festen Elektroden von dem rechteckigen Rahmenteil werden ausgebildet; und zweite Gräben 230a und 230b, die sich vertikal tiefer als die ersten Gräben erstrecken, zum Tragen von wenigstens der festen Elektroden oder der Balkenstruktur auf dem Basisplattenteil werden ausgebildet. Eine Siliziumoxiddünnschicht wird auf der Halbleiterschicht 203 ausgebildet, und Isoliermaterialien 21d, 27d, 220 und 221 werden in den Gräben 20d und 26d mit geringer Tiefe und tiefen Gräben 230a und 230b eingebettet. Weiterhin wird die Oberfläche des Substrates mit einer Oxiddünnschicht 32 bedeckt.

Als nächstes, wie in Fig. 45 gezeigt, wird ein Leitungsmaterial ausgebildet und strukturiert, um eine Leitungsstrukturierung 50 auszubilden. Eine Oxiddünnschicht 33 wird ausgebildet, um die Leitungsstrukturierung 50 zu bedecken.

Wie in Fig. 46 gezeigt, werden Kontaktlöcher 36 und 37 durch teilweise Entfernen der auf dem Substrat 1 ausgebildeten Oxiddünnschichten 32 und 33 und des Leitungsmaterials 50 ausgebildet. Weiterhin werden Leitungsmaterialien 29 und 31 ausgebildet und strukturiert.

Wie in Fig. 47 gezeigt ist, wird eine Maske 51 zum Ausbilden einer Struktur unter Verwendung einer Photolithographie auf dem SOI-Substrat ausgebildet. Die Oxiddünnschichten 32 und 33 werden durch die Maske 51 hindurch geätzt. Als nächstes wird anisotropes Ätzen (Grabenätzen) von der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht 230 her durch die Maske 51 hindurch durchgeführt, um so die sich vertikal erstreckenden dritten Gräben 4a und 4b zum Ausbilden des rechteckigen Rahmentails, der Balkenstruktur und der festen Elektroden auszubilden. Weiterhin werden Schutzdünnschichten 40 und 42 (eine thermische Oxiddünnschicht, eine Oxiddünnschicht mittels eines Sauerstoffplasmaprozesses, eine durch Ätzen erzeugte Dünnschicht) zum Schützen der Seitenwand vor einem isotropen Ätzen auf der Innenwandoberfläche der Gräben 4a und 4b ausgebildet. Danach werden die Teile der Schutzdünnschichten entfernt, die an den unteren Oberflächen der Gräben angebracht sind.

Auf diese Weise werden die Schutzdünnschichten 40 und 42 auf den Seitenwänden der Gräben 4a und 4b mit Ausnahme der unteren Oberflächen bzw. Bodenflächen der Gräben 4a und 4b ausgebildet.

Als nächstes, wie in Fig. 48 gezeigt, wird isotropes Ätzen an der Halbleiterschicht 230 von den unteren Oberflächen der dritten Gräben 4a und 4b her mittels Verwendung der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 als einer Ätzenschutzschicht durchgeführt. Als eine Folge werden eine Höhlung, die sich lateral erstreckt, der Basisplattenteil 3, der unter der Höhlung 2 angeordnet ist, der rechteckige Rahmenteil 5, der an der Seite der Höhlung 2 und der dritten Gräben 4a und 4b angeordnet ist, die Balkenstruktur 6 mit den beweglichen Elektroden, die durch die Beschleunigung bewegt werden können, und die festen Elektroden 17d und 23d, die den beweglichen Teilen der Balkenstruktur 6 gegenüberliegen, voneinander abgeteilt bzw. getrennt.

Schließlich kann der in Fig. 41 gezeigte Beschleunigungssensor durch Entfernen der Ätzmaseke 51 fertiggestellt werden.

Wie oben beschrieben wurde, in dem Fall von Fig. 35, wenn eine Breite eines Teils, der fixiert werden soll (Anker-teile 7 und 8 in Fig. 35), schmal ist, kann das Silizium zwischen der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 und dem zu fixierenden Teil (Anker-teile 7 und 8 in Fig. 35) durch das isotrope Ätzen vollständig entfernt werden. Diese Ausführungsform kann dies jedoch verhindern. Weiterhin kann in dem Ätzschritt ein lateral vorrückendes Ätzen durch den Graben (Isoliermaterial), der die vergrabene Oxiddünnschicht 202 erreicht, verhindert werden. Daher kann der Sensor mit Stabilität hergestellt werden, und ohne von der Instabilität des Prozesses beeinflusst zu werden.

Hier können die in den Fig. 12 und 13 gezeigten Strukturen (der Mittelteil des Isoliergrabens als planare bzw. ebene Struktur steht in Richtung des Spitzenteils hervor) oder die in den Fig. 14 und 15 gezeigten Strukturen (das in den Gräben einzubettende Material besteht aus mit Isoliermaterial bedecktem Material niedriger mechanischer Spannung) auf diese dritte, vierte und fünfte Ausführungsform unter Verwendung des SOI-Substrates angewendet werden.

[Sechste Ausführungsform]

Als nächstes wird eine sechste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erklärt werden. Hier werden hauptsächlich die Unterschiede zwischen bzw. zu der dritten Ausführungsform beschrieben werden.

Fig. 49 zeigt eine Draufsicht auf einen Gierratensensor; Fig. 50 zeigt eine Draufsicht des Gierratensensors ohne Leitungen; und Fig. 51 zeigt eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 51-51 in Fig. 49 genommen wurde.

Als eine Gesamtheit umfaßt dieser Sensor eine primäre Schwingungsmasse 240 und eine Balkenstruktur 241 als eine sekundäre Schwingungsmasse, die innerhalb der primären Schwingungsmasse 240 angeordnet ist. Im einzelnen ist der Sensor ausgestattet mit einem in Fig. 51 gezeigten Basisplattenteil für die primäre Schwingungsmasse (primärer Basisplattenteil) 242, einem in Fig. 50 gezeigten Rahmenteil für die primäre Schwingungsmasse (primärer Rahmenteil) 243, der primären Masse 240, den festen Erregungselektroden für die primäre Schwingungsmasse (primäre feste Erregungselektroden) 244a bis 244f und 245a bis 245f, einem in Fig. 51 gezeigten Basisplattenteil für die sekundäre Schwingungsmasse (sekundärer Basisplattenteil) 246, einem in Fig. 50 gezeigten Rahmenteil für die sekundäre Schwingungsmasse (sekundärer Rahmenteil) 247, der Balkenstruktur 241 und festen Erregungselektroden für die sekundäre Schwingungsmasse (sekundäre feste Erregungs-

elektroden) 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d.

Der in Fig. 51 gezeigte primäre Basisplattenteil 42 wird durch eine in dem Trägersubstrat 201 des SOI-Substrates 200 ausgebildete Höhlung für die primäre Schwingungsmasse (primäre Höhlung) 248, die sich lateral erstreckt, abgeteilt und ist unterhalb der primären Höhlung 248 angeordnet. Der primäre Rahmenteil 243 wird durch die in Fig. 51 gezeigte primäre Höhlung 248, die in einer Halbleiterschicht 203 ausgebildeten Gräben für die primäre Schwingungsmasse (primäre Gräben) 249a und 249b, die sich lateral erstrecken, und ein zu einer vergrabenen Oxiddünnschicht 202 ausgebildetes Durchgangsloch 250 abgeteilt und ist bei bzw. an den Seiten der primären Höhlung 248, der primären Gräben 249a und 249b und des Durchgangsloches 250 angeordnet. Die primäre Schwingungsmasse 240 wird ebenfalls durch die in Fig. 51 gezeigte primäre Höhlung 248, die primären Gräben 249a bis 249d und das Durchgangsloch 250 abgeteilt und erstreckt sich von dem primären Rahmenteil 243 her, wie in Fig. 50 gezeigt, und besitzt die beweglichen Elektroden für die primäre Schwingungsmasse (primäre bewegliche Elektroden) 251a bis 251d und 252a bis 252d. Die primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f werden durch eine sich lateral erstreckende Höhlung 253, die in der in Fig. 51 gezeigten Halbleiterschicht 203 ausgebildet ist, und die sich vertikal erstreckenden Gräben 249a und 249b, die in der Halbleiterschicht 203 ausgebildet sind, abgeteilt bzw. getrennt; erstrecken sich von dem primären Rahmenteil 243 her; und liegen den primären beweglichen Elektroden 251a bis 251d und 252a bis 252d gegenüber.

Der in Fig. 51 gezeigte sekundäre Basisplattenteil 246 wird durch eine sich lateral erstreckende Höhlung für die sekundäre Schwingungsmasse (sekundäre Höhlung) 254, die in der Halbleiterschicht 203 der primären Schwingungsmasse 240 ausgebildet ist, abgeteilt und ist unterhalb der sekundären Höhlung 254 angeordnet. Der sekundäre Rahmenteil 247 wird durch die in Fig. 51 gezeigte sekundäre Höhlung 254 und sich lateral erstreckende Gräben für die sekundäre Schwingungsmasse (sekundäre Gräben) 255a und 255b, die in einer Halbleiterschicht 203 der primären Schwingungsmasse 240 ausgebildet sind, abgeteilt und ist an den Seiten der sekundären Höhlung 254 und der sekundären Gräben 255a und 255b angeordnet. Weiterhin, wie in Fig. 50 gezeigt, ist der sekundäre Rahmenteil 247 ein Trägerelement der primären beweglichen Elektroden 251a bis 251d und 252a bis 252d.

Die Balkenstruktur 241 als die sekundäre Schwingungsmasse 241 wird durch die in Fig. 51 gezeigte sekundäre Höhlung 254 und die sekundären Gräben 255a bis 255d abgeteilt, ist oberhalb der sekundären Höhlung 254 in der primären Schwingungsmasse 240 angeordnet, erstreckt sich wie in Fig. 50 gezeigt von dem sekundären Rahmenteil 247 her und besitzt die beweglichen Elektroden für die sekundäre Schwingungsmasse (sekundäre bewegliche Elektroden) 12a bis 12d und 13a bis 13d, die durch eine physikalische Größe bewegt werden können. Die sekundären festen Erregungselektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d werden durch die sekundäre Höhlung 254 und die in Fig. 51 gezeigten sekundären Gräben 255a und 255b abgeteilt; sind oberhalb der sekundären Höhlung 254 in der primären Schwingungsmasse 240 angeordnet; erstrecken sich von dem sekundären Rahmenteil 247 her; und liegen den sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d gegenüber.

Weiterhin sind Gräben 257 (siehe Fig. 51), in denen ein elektrisches Isoliermaterial 256 eingebettet ist, zwischen den primären beweglichen Elektroden 251a bis 251d und

252a bis 252d und dem sekundären Rahmenteil 247 und zwischen den primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f und dem primären Rahmenteil 243 ausgebildet. Gleichmaßen sind Gräben 257 (siehe Fig. 51), in denen ein elektrisch isolierendes Material 256 eingebettet ist, zwischen den sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d und dem sekundären Rahmenteil 247 und zwischen den sekundären festen Erregungselektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d und dem sekundären Rahmenteil 247 ausgebildet.

Weiterhin ist eine Schutzdünnschicht 258 an den Seitenwänden der in Fig. 51 gezeigten Gräben 249a bis 249d und 255a bis 255d ausgebildet. Ein Durchgangsloch 259 ist in der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 ausgebildet. Die in Fig. 51 gezeigte primäre Schwingungsmasse 240 besitzt Ankerteile 260a und 260b und Balkenteile 261a und 261b.

Die Struktur wird im folgenden ausführlicher erklärt werden. In Fig. 51 besteht das SOI-Substrat 200 aus der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 und der Halbleiterschicht 203. Das Trägersubstrat 201 und die Halbleiterschicht 203 bestehen aus einkristallinem Silizium. Wie in Fig. 50 gezeigt ist, werden die aus dem einkristallinen Silizium (einkristalliner Halbleiter) bestehende primäre Schwingungsmasse 240 und die Balkenstruktur 241 als die sekundäre Schwingungsmasse ausgebildet, indem sie abgeteilt bzw. getrennt werden. Die primäre Schwingungsmasse 240 ist beweglich (besitzt Flexibilität) im wesentlichen nur in der (1 0 0)-Richtung in Fig. 50, und die Balkenstruktur 241 als die sekundäre Schwingungsmasse ist beweglich (besitzt Flexibilität) im wesentlichen nur in der (0 1 0)-Richtung.

Die Balkenstruktur 241 umfaßt einen Massenteil 11, die sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d und Balkenteile 9 und 10. Der Massenteil 11 wird von Ankerteilen 7 und 8 getragen, die von dem sekundären Rahmenteil 247 hervorstehen, der die Balkenstruktur 241 trägt, über die Balkenteile 9 und 10; und ist über einer oberen Oberfläche der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 angeordnet, so daß ein vorbestimmter Abstand dazwischen beibehalten wird, wie in Fig. 51 gezeigt.

Der Graben 257, in dem das Isoliermaterial wie z. B. eine Oxiddünnschicht darin eingebettet ist, ist zwischen den Ankerteilen 7 und 8 und den Balkenteilen 9 und 10 angeordnet. Die sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d sind von dem sekundären Rahmenteil 247 elektrisch isoliert. Vier sekundäre bewegliche Elektroden 12a bis 12d stehen von einer Seitenoberfläche des Massenteils 11 hervor, und vier sekundäre bewegliche Elektroden 13a bis 13d stehen von einer anderen Seitenoberfläche des Massenteils 11 hervor. Die sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d bilden eine Kammgestalt, in der jede von diesen sich parallel zueinander mit einem gleichen Abstand erstreckt.

Die sekundären festen Erregungselektroden bestehen aus den ersten festen Elektroden 16a bis 16d und 22a bis 22d und zweiten festen Elektroden 17a bis 17d und 23a bis 23d.

Die ersten festen Elektroden 16a bis 16d und die zweiten festen Elektroden 17a bis 17d sind an dem sekundären Rahmenteil 247 fixiert, der die Balkenstruktur 241 trägt. Die ersten festen Elektroden 16a bis 16d sind mit der Seite des sekundären Rahmentails 247 über den Graben 257 (Graben, in dem das Isoliermaterial wie z. B. eine Oxiddünnschicht darin eingebettet ist) verbunden und sind von dem sekundären Rahmenteil 247 elektrisch isoliert. Weiterhin liegen bzw. stehen die ersten festen Elektroden 16a bis 16d einer Seite der sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d gegenüber, die über der oberen Oberfläche der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 angeordnet sind, wobei der vorbestimmte Abstand dazwischen beibehalten wird.

Gleichermaßen sind die zweiten festen Elektroden 17a bis 17d mit der Seite des sekundären Rahmenteils 247 über den Graben 257 (Graben, in dem das Isoliermaterial wie z. B. eine Oxiddünnschicht darin eingebettet ist) verbunden und sind von dem sekundären Rahmenteil 247 elektrisch isoliert. Weiterhin liegen die zweiten festen Elektroden 17a bis 17d einer anderen Seite der sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d gegenüber, die oberhalb der oberen Oberfläche der eingebetteten Oxiddünnschicht 202 angeordnet sind, wobei der vorbestimmte Abstand dazwischen beibehalten wird.

Gleichermaßen sind die ersten festen Elektroden 22a bis 22d und die zweiten festen Elektroden 23a bis 23d an dem sekundären Rahmenteil 247 fixiert. Die ersten festen Elektroden 22a bis 22d sind mit der Seite des sekundären Rahmenteils 247 über den Graben 257 (Graben, in dem das Isoliermaterial wie z. B. eine Oxiddünnschicht darin eingebettet ist) verbunden, und sind von dem sekundären Rahmenteil 247 elektrisch isoliert. Weiterhin liegen die ersten festen Elektroden 22a bis 22d einer Seite der sekundären beweglichen Elektroden 13a bis 13d gegenüber, die oberhalb der oberen Oberfläche der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 angeordnet sind, wobei der vorbestimmte Abstand dazwischen beibehalten wird. Gleichermaßen sind die zweiten festen Elektroden 23a bis 23d mit der Seite des sekundären Rahmenteils 247 über den Graben 257 (Graben, in dem das Isoliermaterial wie z. B. eine Oxiddünnschicht darin eingebettet ist) verbunden, und sind von dem sekundären Rahmenteil 247 elektrisch isoliert. Weiterhin liegen die zweiten festen Elektroden 23a bis 23d einer anderen Seite der sekundären beweglichen Elektroden 13a bis 13d gegenüber, die über der oberen Oberfläche der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 angeordnet sind, wobei der vorbestimmte Abstand dazwischen beibehalten wird.

Die primäre Schwingungsmasse 240 ist bei der Innenseite des primären Rahmenteils 243 angeordnet und wird von den zwei Ankerteilen 260a und 260b getragen, die von dem primären Rahmenteil 243 hervorstehen, der die primäre Schwingungsmasse 240 trägt, über die Balkenteile 261a und 261b.

Die vier primären beweglichen Elektroden 251a bis 251d stehen von einer Seitenoberfläche (linke Seitenoberfläche in Fig. 50) des sekundären Rahmenteils 247 über den Graben 257 hervor; und die vier primären beweglichen Elektroden 252a bis 252d stehen von einer anderen Seitenoberfläche (rechte Seitenoberfläche in Fig. 50) des sekundären Rahmenteils 247 über den Graben 257 hervor. Die primären beweglichen Elektroden 251a bis 251d und 252a bis 252d bilden eine Kammgestalt, in der jede von diesen sich parallel zueinander mit einem gleichen Abstand erstreckt.

Die primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f sind an dem primären Rahmenteil 243 fixiert. Die primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f sind jeweils mit dem primären Rahmenteil 243 über den Graben 257 verbunden, und sind von dem primären Rahmenteil 243 elektrisch isoliert. Die primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f liegen Seitenoberflächen der primären beweglichen Elektroden 251a bis 251d gegenüber, die über der oberen Oberfläche der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 angeordnet sind, wobei der vorbestimmte Abstand dazwischen beibehalten wird. Gleichermaßen sind die primären festen Erregungselektroden 245a bis 245f jeweils mit dem primären Rahmenteil 243 über den Graben 257 verbunden, und sind von dem primären Rahmenteil 243 elektrisch isoliert. Die primären festen Erregungselektroden 245a bis 245f liegen Seitenoberflächen der primären beweglichen Elektroden 252a bis 252d gegenüber, die oberhalb der oberen Oberfläche der eingebetteten Oxiddünnschicht 202

angeordnet sind, wobei der vorbestimmte Abstand dazwischen beibehalten wird.

In der Balkenstruktur 241, wie in Fig. 49 gezeigt, werden die Potentiale der ersten festen Elektroden 16a bis 16d und 22a bis 22d und der zweiten festen Elektroden 17a bis 17d und 23a bis 23d von den Leitungen 262, 263, 264 und 265, die auf den Oxiddünnschichten 32 und 33 (siehe Fig. 51) ausgebildet sind, durch die oberen Teile der Balkenteile 261a und 261b (siehe Fig. 50), der primären Ankerteile 260a und 260b (siehe Fig. 50) und des primären Rahmenteils 243 hindurch, wobei diese von dem sekundären Rahmenteil 247 elektrisch isoliert sind, extern herausgenommen.

Weiterhin werden die Potentiale der sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d von der Leitung 266, die auf der Oxiddünnschicht ausgebildet ist, durch den Massenteil 11 und die Balkenteile 7 und 8, die primären Ankerteile 260a und 260b und den primären Rahmenteil 243 hindurch, wobei diese von dem sekundären Rahmenteil 247 ebenso wie den ersten und zweiten festen Elektroden elektrisch isoliert sind, extern herausgenommen.

In der primären Schwingungsmasse werden die Potentiale der primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f von den Leitungen 267, 268, 269 und 270, die wie in Fig. 49 gezeigt auf der Oxiddünnschicht ausgebildet sind, extern herausgenommen. Weiterhin werden die Potentiale der in Fig. 49 gezeigten primären beweglichen Elektroden 251a bis 251d und 252a bis 252d von den Leitungen 271, 272 und 273, die auf der Oxiddünnschicht ausgebildet sind, durch den sekundären Rahmenteil 247 und die Balkenteile 261a und 261b hindurch extern herausgenommen.

Als nächstes wird eine Querschnittsstruktur des Gierratensensors mit Bezug auf Fig. 51 erklärt werden.

Der bewegliche Teil und der feste Teil der Gierratensensorstruktur besteht hauptsächlich aus einkristallinem Silizium. Der Gierratensensor besteht aus zwei Schwingungsmassen, die die primäre Schwingungsmasse 240 und die Balkenstruktur (sekundäre Schwingungsmasse) umfassen, wobei jede von diesen eine orthogonale Flexibilität besitzt. Im einzelnen besteht der Gierratensensor aus der primären Schwingungsmasse 240, die so ausgebildet ist, daß sie einen vorbestimmten Abstand zwischen dem primären Basisplattenteil 242 und der Balkenstruktur 241, die in der primären Schwingungsmasse 240 ausgebildet ist, beibehält.

Im einzelnen ist die sich lateral erstreckende primäre Höhlung 248 in einem oberen Teil des Trägersubstrates 201 des SOI-Substrates 200 ausgebildet. Das Durchgangsloch 250 ist in einer Kreisgestalt zu der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 ausgebildet, deren Rückoberfläche zu der primären Höhlung 248 hin freiliegt. Weiterhin ist die Höhlung 253 in einer Kreisgestalt in der Halbleiterschicht 203 des SOI-Substrates 200 ausgebildet und ist mit dem Durchgangsloch 250 verbunden. Die Gräben 249a bis 249d, die die Höhlung 248 erreichen, sind in der Halbleiterschicht 203 ausgebildet. In dieser Struktur ist die primäre Schwingungsmasse 240 in das SOI-Substrat 200 eingebaut. In dieser primären Schwingungsmasse 240 ist die Höhlung 254 in der Halbleiterschicht 203 ausgebildet, und die in der Halbleiterschicht 203 ausgebildeten Gräben 255a bis 255d erreichen ebenfalls die Höhlung 254. Daher ist die sekundäre Schwingungsmasse 251 in die primäre Schwingungsmasse 240 eingebaut.

Der Massenteil 11 und die sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d der Balkenstruktur 241 sind so angeordnet, daß sie einen vorbestimmten Abstand von der vergrabenen bzw. eingebetteten Oxiddünnschicht 202 beibehalten. In der primären Schwingungsmasse 240 wird der sekundäre Rahmenteil 247 der Balkenstruktur auf der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 getragen, und die sekundären festen Erregungselektroden 16a bis 16d, 17a bis

17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d sind so angeordnet, daß sie von der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 einen vorbestimmten Abstand beibehalten. Die primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f sind zu bzw. an dem primären Rahmenteil 243 ausgebildet. Die primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f sind an dem primären Rahmenteil 243 über das Isoliermaterial 256, in dem die Oxiddünnschicht in dem Graben 257 eingebettet ist, fixiert und werden durch das Isoliermaterial 256 von dem primären Rahmenteil 243 elektrisch isoliert. Seitenwandschutzdünnschichten 258 sind jeweils an den Seitenwänden des Massenteils 11, des sekundären Rahmenteils 247 und der primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f ausgebildet. Oxiddünnschichten 32 und 33 sind auf dem Massenteil 11, dem sekundären Rahmenteil 247 und den primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f ausgebildet.

Als nächstes werden die Arbeitsweisen des Gierratensensors erklärt werden.

Als erstes wird die in Fig. 50 gezeigte primäre Schwingungsmasse 240 in der (1 0 0)-Richtung in Schwingung versetzt (erregt), durch Anlegen einer zyklischen Spannung wie z. B. einer Sinuswellenspannung oder Rechteck-Wechselspannung zwischen den primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f, 245a bis 245f und den primären beweglichen Elektroden 251a bis 251d, 252a bis 252d.

In diesem Fall werden die Phase der zwischen den primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und den primären beweglichen Elektroden 251a bis 251d erzeugten elektrostatischen Kraft und die Phase der zwischen den primären festen Erregungselektroden 245a bis 245f und den primären beweglichen Elektroden 252a bis 252d erzeugten elektrostatischen Kraft um π (π) Radiant verschoben. Daher kann die primäre Schwingungsmasse 240 effektiv in Schwingung versetzt werden. Hier, wenn eine Winkelgeschwindigkeit Ω um die (0 0 1)-Richtung herum wirkt, wie in Fig. 50 gezeigt, wirkt eine Corioliskraft auf die gesamte primäre Schwingungsmasse entlang der (0 1 0)-Richtung. Da die primäre Schwingungsmasse 240 im wesentlichen keine Flexibilität in Richtung der (0 1 0)-Richtung besitzt, wirkt eine Corioliskraft von $2 mV\Omega$ auf die Balkenstruktur 241, die Flexibilität besitzt, in Richtung der (0 1 0)-Richtung.

Ein erster Kondensator ist zwischen den sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d und den ersten festen Elektroden 16a bis 16d definiert, und ein zweiter Kondensator ist zwischen den sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d und den zweiten festen Elektroden 17a bis 17d definiert. Gleichermaßen ist ein erster Kondensator zwischen den sekundären beweglichen Elektroden 13a bis 13d und den ersten festen Elektroden 22a bis 22d definiert, und ein zweiter Kondensator ist zwischen den sekundären beweglichen Elektroden 13a bis 13d und den zweiten festen Elektroden 23a bis 23d definiert.

Wenn die Corioliskraft auf die Balkenstruktur 241 einwirkt, wird jede der Kapazitäten des ersten und zweiten Kondensators periodisch geändert. Die auf den Sensor einwirkende Winkelgeschwindigkeit Ω kann mittels Erfassen der periodischen Änderung der Kapazitäten mittels Verwendung einer synchronen Erfassung in Bezug auf die periodische Änderung der Verlagerung der primären Schwingungsmasse 240 erfaßt werden.

Wie oben beschrieben wurde, gemäß dieser Sensorstruktur, werden der primäre Basisplattenteil 242, der primäre Rahmenteil 243, die primäre Schwingungsmasse 240 und die primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f voneinander abgeteilt durch die primäre Höhlung 248, die in dem Trägersubstrat 201 des SOI-Substrates

ausgebildet ist, das Durchgangsloch 250, das in der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 ausgebildet ist, die Höhlung 253, die in der Halbleiterschicht 203 ausgebildet ist, und die primären Gräben 249a bis 249d. Der sekundäre Basisplattenteil 246, der sekundäre Rahmenteil 247, die Balkenstruktur 251 und die sekundären festen Erregungselektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d werden voneinander abgeteilt durch die sekundäre Höhlung 254, die in der Halbleiterschicht 203 in der primären Schwingungsmasse ausgebildet ist, und die sekundären Gräben 255a bis 255d. Weiterhin wird jede der Elektroden durch das Isoliermaterial 256 abgesondert bzw. isoliert, das in den Gräben eingebettet ist, die zwischen den beweglichen Elektroden und dem Rahmenteil und zwischen den festen Elektroden und dem Rahmenteil ausgebildet sind.

Auf diese Weise kann, da das SOI-Substrat in einem Halbleitersensor für eine physikalische Größe verwendet wird, insbesondere in einem Gierratensensor vom Erregungstyp, in dem die Balkenstruktur mit den beweglichen Elektroden und die festen Elektroden, die den beweglichen Elektroden gegenüberliegen, in dem SOI-Substrat integral ausgebildet sind, die Querschnittsstruktur des Sensors vereinfacht werden.

Als nächstes wird ein Herstellungsverfahren unter Bezugnahme auf die Fig. 52 bis 58 erklärt werden, von denen jede eine Querschnittsansicht ist, die der Querschnittsansicht in Fig. 51 entspricht.

Als erstes, wie in Fig. 30 gezeigt, wird ein SOI-Substrat 200, das aus einem Trägersubstrat 201, einer vergrabenen bzw. eingebetteten Oxiddünnschicht 202 und einer Halbleiterschicht 203 besteht, bereitgestellt. Ein Graben 257 wird in der Halbleiterschicht 203 strukturiert. Weiterhin wird eine Siliziumoxiddünnschicht auf der Halbleiterschicht 203 ausgebildet, der Graben 257 wird gefüllt, und eine obere Oberfläche der Halbleiterschicht 203 wird mit einer Oxiddünnschicht 32 bedeckt. Auf diese Weise wird ein anisotropes Ätzen von der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht 203 des SOI-Substrates 200 her durchgeführt, um den ersten Graben 257 auszubilden, der sich vertikal erstreckt und dazu dient, die beweglichen Elektroden und die festen Elektroden von dem Rahmenteil elektrisch zu isolieren. Der Graben 257 wird mit dem isolierenden Material bzw. Isoliermaterial 256 gefüllt. Mit anderen Worten, der Graben zum Isolieren der in Fig. 50 gezeigten sekundären beweglichen Elektroden 12a bis 12d und 13a bis 13d von dem sekundären Rahmenteil 247 wird ausgebildet; die Gräben zum Isolieren der primären beweglichen Elektroden 251a bis 251d und 252a bis 252d von dem sekundären Rahmenteil 247 werden ausgebildet; die Gräben zum Isolieren der sekundären festen Erregungselektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d von dem sekundären Rahmenteil 247 werden ausgebildet; und die Gräben zum Isolieren der primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f von dem primären Rahmenteil 243 werden ausgebildet. Danach werden diese Gräben mit dem Isoliermaterial 256 gefüllt.

Weiterhin, wie in Fig. 53 gezeigt, wird ein Leitungsmaterial ausgebildet und strukturiert, um eine Leitungsstrukturierung auszubilden. Als nächstes wird eine Oxiddünnschicht 33 ausgebildet, um die Leitungsstrukturierung 50 zu bedecken.

Danach, wie in Fig. 54 gezeigt, werden Kontaktlöcher mittels teilweise Entfernen der auf der Halbleiterschicht 203 ausgebildeten Oxiddünnschicht 33 und des Leitungsmaterials 50 ausgebildet. Weiterhin werden Leitungsmaterialien 267 und 269 ausgebildet und strukturiert.

Wie in Fig. 55 gezeigt ist, wird eine Maske 51 zum Ausbilden einer Struktur mittels Verwendung einer Photolitho-

graphie auf dem SOI-Substrat 200 ausgebildet. Als nächstes wird anisotropes Ätzen von der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht 203 her durch die Maske 51 hindurch durchgeführt, um so sich vertikal erstreckende zweite Gräben 249a bis 249d und 255a bis 255d auszubilden, die den primären Basisplattenteil 242, den primären Rahmenteil 243, die primäre Schwingungsmasse 240, die primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f, den sekundären Basisplattenteil 246, den sekundären Rahmenteil 247, die Balkenstruktur 241 und die sekundären festen Erregungselektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d definieren und bilden. Hier besitzen die Gräben eine Tiefe, derart, daß sie die vergrabene Oxiddünnschicht 202 nicht erreichen.

Weiterhin wird vor einem isotropen Ätzen eine Schutzdünnschicht 258 zum Schützen der Seitenwand auf der Innenwandoberfläche der Gräben 249a bis 249d und 255a bis 255d ausgebildet. Danach werden die Teile der Schutzdünnschichten, die an den unteren Oberflächen bzw. Bodenflächen der Gräben angebracht sind, entfernt. Somit wird die Schutzdünnschicht 258 auf den Seitenwänden der Gräben 249a bis 249d und 255a bis 255d mit Ausnahme der unteren Oberflächen der Gräben 249a bis 249d und 255a bis 255d ausgebildet.

Hier ist es erforderlich, ein Material für die Schutzdünnschicht 258 auszuwählen, das für den Herstellungsprozeß geeignet ist. Im einzelnen kann die Schutzdünnschicht 258 ausgebildet werden durch: Ausbilden eines Polymers oder dergleichen während des Grabenätzens; Ausbilden einer Oxiddünnschicht; Ablagern einer Oxiddünnschicht mittels CVD oder dergleichen; Ausbilden einer dünnen Oxiddünnschicht mittels eines O₂-Plasmas oder dergleichen; oder Ausbilden einer Oxiddünnschicht mittels Chemie bzw. Chemikalien. Wenn es keinen thermischen Schritt gibt, können die Leitungsmaterialien 267 und 269 aus einer metallischen Leitung wie z. B. Aluminium oder Polysilizium oder dergleichen bestehen. Andererseits, wenn es einen thermischen Schritt gibt, können die Leitungsmaterialien 267 und 269 aus einem Metall mit hohem Schmelzpunkt wie z. B. Wolfram oder seiner Legierung oder Polysilizium bestehen.

Als nächstes, wie in Fig. 56 gezeigt, wird das anisotrope Ätzen kontinuierlich durch die Maske 51 hindurch durchgeführt, um so einen dritten Graben 280 auszubilden, der sich vertikal von der unteren Oberfläche bzw. Bodenfläche der zweiten Gräben 249a bis 249d erstreckt, in der Halbleiterschicht 203. Im Fall des Ausbildens des dritten Grabens 280 rückt das Ätzen vor, bis der Graben die vergrabene Oxiddünnschicht 202 erreicht.

Hier ist es erforderlich, eine Ätzbedingung auszuwählen, derart, daß die Seitenwandschutzdünnschicht 258, die in dem vorigen Schritt ausgebildet wurde, im wesentlichen nicht geätzt wird, oder so, daß eine Ätzmenge der Seitenwandschutzdünnschicht 258 klein genug ist, um auf die späteren Schritte keinen Einfluß zu haben.

Danach, wie in Fig. 57 gezeigt, wird das Ätzen für die vergrabene Oxiddünnschicht 202 kontinuierlich durch die Maske 51 hindurch durchgeführt, um so die Durchgangslöcher 250 und 259 auszubilden, die sich in der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 bei der unteren Oberfläche bzw. Bodenfläche des dritten Grabens 280 vertikal erstrecken. Das heißt, die Durchgangslöcher 250 und 259 werden so ausgebildet, daß sie das Trägersubstrat 201 erreichen.

Als nächstes wird das isotrope Ätzen an der Halbleiterschicht 203 und dem Trägersubstrat 201 durch den dritten Graben 280 und die Durchgangslöcher 250 und 259 hindurch durchgeführt, um so die sich lateral erstreckenden Höhlungen 253, 254 und 248 auszubilden, wie in Fig. 58 gezeigt. Somit kann es den primären Basisplattenteil 242, den

primären Rahmenteil 243, die primäre Schwingungsmasse 240, die primären festen Erregungselektroden 244a bis 244f und 245a bis 245f, den sekundären Basisplattenteil 246, den sekundären Rahmenteil 247, die Balkenstruktur 241 und die sekundären festen Erregungselektroden 16a bis 16d, 17a bis 17d, 22a bis 22d und 23a bis 23d definieren und bilden.

In diesem Fall, da die Ätzgeschwindigkeit des anisotropen Ätzens an der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 hinreichend niedrig ist, wird die Oxiddünnschicht 202 kaum geätzt, sogar falls die vergrabene Oxiddünnschicht 202 als eine Folge davon, daß die Oxiddünnschicht 203 geätzt wird, exponiert bzw. freigelegt wird. Weiterhin, in diesem isotropen Ätzen, ist es erforderlich, die Kombination so auszuwählen, daß die Schutzdünnschichten 40 und 42 nicht geätzt werden. Wenn ein Plasmaätzprozeß unter Verwendung eines Gases wie z. B. SF₆ oder CF₄ in dem isotropen Ätzen angewendet wird, kann ein Durchsatz des Ausbildens der Struktur nach dem Ätzen im Vergleich zu einem Naßätzschritt verbessert werden.

Schließlich kann der in Fig. 51 gezeigte Beschleunigungssensors durch Entfernen der Ätzmaske 51 fertiggestellt werden.

Wie oben beschrieben wurde, kann sie die primäre Schwingungsmasse 240, die die ortogonale Flexibilität besitzt, und die Balkenstruktur 241 in einem SOI-Substrat 200 ausbilden bzw. einbauen.

Wie oben beschrieben wurde, kann sie ein SOI-Substrat als einen Start-Wafer beim Herstellen eines physikalischen Halbleitersensors verwenden, insbesondere in einem Gierratensensor vom Erregungstyp, in dem die Balkenstruktur 241 mit den beweglichen Elektroden und die festen Elektroden, die den beweglichen Elektroden gegenüberliegen, in einem Substrat integral ausgebildet sind, und sie kann in großem Ausmaß die Herstellungskosten des Sensors verringern, da sie den Schritt des Verbindens der Substrate nicht anwenden muß.

[Siebte Ausführungsform]

Als nächstes wird eine siebte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erklärt werden. Hier werden hauptsächlich die Unterschiede zwischen bzw. zu der sechsten Ausführungsform beschrieben werden.

Fig. 59 zeigt eine Querschnittsansicht eines Gierratensensors dieser Ausführungsform. Diese Struktur besitzt im wesentlichen dieselbe Struktur wie jene von Fig. 51 aus der sechsten Ausführungsform mit der Ausnahme, daß der Rahmenteil 247 der Balkenstruktur mit der eingebetteten bzw. vergrabenen Oxiddünnschicht 202 über Stützen 291 und 292, die aus einer Oxiddünnschicht bestehen, verbunden ist und getragen wird.

Als nächstes wird ein Herstellungsverfahren dieses Gierratensensors unter Bezugnahme auf die Fig. 60 bis 66 erklärt werden.

Als erstes, wie in Fig. 60 gezeigt, werden Gräben 257, 293 und 294 in einer Halbleiterschicht 203 eines SOI-Substrates 200 strukturiert und ausgebildet. Hier erreichen die Gräben 293 und 294 eine vergrabene Oxiddünnschicht 202. Eine Siliziumoxiddünnschicht wird auf der Halbleiterschicht 203 ausgebildet; die Gräben 257, 293 und 294 werden gefüllt; und die Halbleiterschicht 203 wird mit einer Oxiddünnschicht 32 bedeckt. Wie in Fig. 61 gezeigt ist, wird ein Leitungsmaterial ausgebildet und strukturiert, um eine Leitungsstrukturierung zu bilden. Als nächstes wird eine Oxiddünnschicht 33 ausgebildet, um die Leitungsstrukturierung 50 zu bedecken. Wie in Fig. 62 gezeigt ist, werden Kontaktlöcher durch teilweise Entfernen der auf der Halb-

leiterschicht 203 ausgebildeten Oxiddünnschicht 33 und des Leitungsmaterials 50 ausgebildet. Weiterhin werden Leitungsmaterialien 267 und 269 ausgebildet und strukturiert.

Wie in Fig. 63 gezeigt ist, wird eine Maske 51 zum Ausbilden einer Struktur mittels Verwendung einer Photolithographie auf dem SOI-Substrat 200 ausgebildet. Als nächstes wird anisotropes Ätzen (Grabenätzen) von der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht 203 her durch die Maske 51 hindurch durchgeführt, um so sich vertikal erstreckende zweite Gräben 249a bis 249d und 255a bis 255d auszubilden. Hier besitzen die Gräben eine Tiefe, derart, daß sie die vergrabene bzw. eingebettete Oxiddünnschicht 202 nicht erreichen. Weiterhin wird eine Schutzdünnschicht 258 zum Schützen der Seitenwand vor einem isotropen Ätzen auf der Innenwandoberfläche der Gräben 249a bis 249d und 255a bis 255d ausgebildet. Danach werden die Teile der Schutzdünnschichten, die an den unteren Oberflächen bzw. Bodenflächen der Gräben angebracht sind, entfernt.

Als nächstes, wie in Fig. 64 gezeigt, wird anisotropes Ätzen kontinuierlich durch die Maske 51 hindurch durchgeführt, um so Gräben 280 auszubilden, die sich von der unteren Oberfläche der Gräben 249a bis 249d her in der Halbleiterschicht 203 vertikal erstrecken. Danach, wie in Fig. 65 gezeigt, wird das Ätzen für die vergrabene Oxiddünnschicht 202 kontinuierlich durch die Maske 51 hindurch durchgeführt, um so die Durchgangslöcher 250 und 259 auszubilden, die das Trägersubstrat 201 erreichen.

Als nächstes, wie in Fig. 66 gezeigt, wird isotropes Ätzen an der Halbleiterschicht 203 und dem Trägersubstrat 201 durchgeführt, um so die sich lateral erstreckenden Hohlräume 253, 254 und 248 auszubilden.

Schließlich kann der in Fig. 59 gezeigte Gierratensensor mittels Entfernen der Ätzmaske 51 fertiggestellt werden.

In dem Fall von Fig. 51, wenn eine Breite des Rahmenteils zum Tragen der Balkenstruktur schmal ist, kann während des isotropen Ätzens das Silizium zwischen der vergrabenen Oxiddünnschicht 202 und dem Rahmenteil 247 zum Tragen der Balkenstruktur vollständig entfernt werden. Diese Ausführungsform kann dies jedoch durch Anwenden der oben beschriebenen Trägerstruktur verhindern.

Hier können die in den Fig. 12 und 13 gezeigten Strukturen (der Mittelteil des Isoliergrabens als planare bzw. ebene Struktur steht in Richtung des Spitzenteils hervor) oder die in den Fig. 14 und 15 gezeigten Strukturen (das in den Gräben einzubettende Material besteht aus einem mit Isoliermaterial bedeckten Material mit niedriger mechanischer Spannung) auf diese Ausführungsform (die erste und die zweite Schwingungsmasse werden mittels Verwendung des SOI-Substrates ausgebildet) angewendet werden.

[Weitere Modifikationen]

Die oben beschriebenen Ausführungsformen können wie folgt modifiziert werden.

[1] Die Seitenwandschutzdünnschicht des Grabens (z. B. die Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 in Fig. 4) kann vor Beenden des letzten Schrittes entfernt werden. Indem man diesen modifizierten Schritt anwendet, kann sie eine Langzeitzuverlässigkeit des Sensors erreichen, ohne Schichtkorrosion der Seitenwandschutzdünnschicht, die mit der Zeit auftreten könnte. [2] Wenigstens ein Teil der Dünnschichten auf der Balkenstruktur außer dem Leitungsmaterial (z. B. die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 in Fig. 4) kann vor Beenden des letzten Schrittes entfernt werden. Indem man diesen modifizierten Schritt anwendet, kann eine Deformation der Balkenstruktur verhindert

werden, die aufgrund einer zurückbleibenden mechanischen Spannung der Dünnschicht auftreten könnte, wenn die Dünnschicht auf der Balkenstruktur zurückbleibt (insbesondere in dem Fall, wenn eine Dicke der Balkenstruktur dünn ist). In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn die Dünnschicht unter dem Leitungsmaterial zurückbleibt.

Die oben beschriebenen Modifikationen [1] und [2] werden des weiteren erklärt.

Im allgemeinen werden Fahrzeuge so entworfen bzw. konstruiert, daß eine Garantie von 19 Jahren und 210 000 km gewährleistet ist. In Bezug auf die Modifikation [1], wenn diese Art von Sensoren auf die Fahrzeugsensoren angewendet wird, sind die in Fig. 4 gezeigten Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 vorteilhaft, um eine Langzeitzuverlässigkeit sicherzustellen. Folglich ist es vorteilhaft, die Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 wie in Fig. 67 gezeigt während oder nach dem in Fig. 10 gezeigten Ätzschritt endgültig zu entfernen.

Im folgenden werden zwei Fälle erklärt, in denen ein Schritt des Entferns positiv hinzugefügt und der Schritt des Entferns nicht hinzugefügt ist. In dem Fall, wo der Schritt des Entferns positiv hinzugefügt ist, können die Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 mittels Durchführen einer Veraschung in einem O₂-Plasma entfernt werden, wenn die Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 aus einer organischen Dünnschicht wie z. B. einem Polymer bestehen; oder sie können mittels Durchführen eines Ätzens wie z. B. einem Plasmatrockenätzen, das eine Selektivität gegen Silizium besitzt, oder einem H₂-Gasätzen, wenn die Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 aus einer oxidationsbasierten Dünnschicht bestehen, entfernt werden. Andererseits, in dem Fall, wo der Schritt des Entferns nicht positiv hinzugefügt ist, können die Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 wie folgt entfernt werden. In dem Fall des isotropen Ätzens zum Ausbilden der Höhlung 2, kann die Höhlung 2 mit Ätzen der Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 geätzt werden. Folglich wird die Dicke der Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 so entworfen bzw. vorgesehen, daß die Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 innerhalb einer Ätzzeit zum Ätzen der Höhlung 2 vollständig entfernt werden können. Somit können die Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 ohne Anwenden des Schritts des Entferns entfernt werden. Insbesondere ist es effektiv, wenn die Seitenwandschutzdünnschichten hinreichend dünn ausgebildet sind (einige Nanometer).

In Bezug auf die Modifikation [2], wenn die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 nach dem Entfernen der in Fig. 10 gezeigten Ätzmaske 51 auf der Balkenstruktur 6 zurückbleiben, könnte die Balkenstruktur 6 durch eine innere mechanische Spannung der Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 deformiert werden. In solch einem Fall kann die Deformation durch teilweise Entfernen der Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 auf der Balkenstruktur 6 wie in Fig. 68 gezeigt, verhindert werden. Die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 können mittels einem Plasmatrockenätzen etc. unter einer Bedingung bzw. einem Zustand entfernt werden, derart, daß das Silizium, das die Balkenstruktur 6 bildet, gegenüber dem Elektrodenmaterial (z. B. Aluminium) selektiv geätzt werden kann. Hier, wenn eine Fremdatomdiffusionsschicht oder dergleichen auf der gesamten Oberfläche der Balkenstruktur 6 in dem Schritt ausgebildet wird, wo die Balkenstruktur 6 ausgebildet wird, könnte die Balkenstruktur 6 deformiert werden, falls die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 entfernt werden. Folglich, in solch einem Fall, ist es vorteilhaft, die Dicke der Zwischenschichtisolierdünnschichten

schichten 32 und 33 so zu entwerfen bzw. vorzusehen, daß die Deformation ohne Entfernen der Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 verhindert wird.

Auf diese Weise ist es vorteilhaft, einen Bereich der Oxid-
dünnschicht oder Nitrid-
dünnschicht auf der Balkenstruktur 6 so klein wie möglich zu verringern. Wie oben beschrieben wurde, wenn die Dünnschicht auf der Balkenstruktur (insbesondere einem Teil, dessen Rückoberfläche durch das Ätzen freigelegt bzw. exponiert wird) 6 zurückbleibt, könnte die Balkenstruktur 6 infolge der inneren zurückbleibenden mechanischen Spannung der Dünnschicht deformiert werden, wenn die Dicke der Balkenstruktur nicht hinreichend dick ist. Folglich, wenn die Dicke der Balkenstruktur 6 dünn ist (dies hängt jedoch von einem Ausmaß eines sekundären Querschnittsmomentes ab), ist es praktischerweise vorteilhaft, falls die Dünnschicht der Balkenstruktur 6, bei welcher diese nicht die Leitung betrifft, soviel wie möglich teilweise entfernt ist.

Gleichermaßen, in Bezug auf die Modifikation [1], können die in Fig. 24 gezeigten Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 wie in Fig. 69 gezeigt entfernt werden. In Bezug auf die Modifikation [2] können die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 auf der Balkenstruktur 6 wie in Fig. 70 gezeigt teilweise entfernt werden, wenn die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 nach dem Entfernen der in Fig. 24 gezeigten Ätzmaste 51 zurückbleiben.

Gleichermaßen können die in Fig. 34 gezeigten Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 wie in Fig. 71 gezeigt entfernt werden; und/oder die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 auf der Balkenstruktur 6 können wie in Fig. 72 teilweise entfernt werden, wenn die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 nach dem Entfernen der in Fig. 34 gezeigten Ätzmaste 51 zurückbleiben. Die in Fig. 40 gezeigten Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 können wie in Fig. 73 gezeigt entfernt werden; und/oder die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 auf der Balkenstruktur 6 können wie in Fig. 74 gezeigt teilweise entfernt werden, wenn die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 nach dem Entfernen der in Fig. 40 gezeigten Ätzmaste 51 zurückbleiben. Wenn die in Fig. 43 gezeigten Seitenwandschutzdünnschichten wie in Fig. 75 gezeigt entfernt werden, kann die Sensorausgabe stabil sein. Wenigstens ein Teil der Dünnschicht auf der Balkenstruktur kann entfernt werden. Die in Fig. 43 gezeigten Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 können wie in Fig. 75 gezeigt entfernt werden; und/oder die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 auf der Balkenstruktur 6 können wie in Fig. 76 gezeigt teilweise entfernt werden, wenn die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 nach dem Entfernen der in Fig. 43 gezeigten Ätzmaste 51 zurückbleiben. Die in Fig. 48 gezeigten Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 können wie in Fig. 77 gezeigt entfernt werden; und/oder die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 auf der Balkenstruktur 6 können wie in Fig. 78 gezeigt teilweise entfernt werden, wenn die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 nach dem Entfernen der in Fig. 48 gezeigten Ätzmaste 51 zurückbleiben. Die in Fig. 58 gezeigten Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 können wie in Fig. 79 gezeigt entfernt werden; und/oder die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 auf der Balkenstruktur 6 können wie in Fig. 80 gezeigt teilweise entfernt werden, wenn die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 nach dem Entfernen der in Fig. 58 gezeigten Ätzmaste 51 zurückbleiben. Die in Fig. 66 gezeigten Seitenwandschutzdünnschichten 40 und 42 können wie in Fig. 81 gezeigt entfernt werden; und/oder die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 auf der Balkenstruktur 6 können wie in Fig. 82 gezeigt teilweise entfernt werden,

wenn die Zwischenschichtisolierdünnschichten 32 und 33 nach dem Entfernen der in Fig. 66 gezeigten Ätzmaste 51 zurückbleiben.

Weiterhin, in den in einer von den Fig. 68, 70, 74, 76, 78, 80 und 82 gezeigten Strukturen, werden die Seitenwandschutzdünnschichten entfernt, ebenso wie wenigstens ein Teil der Dünnschichten auf der Balkenstruktur entfernt werden, sie kann jedoch die Dünnschichten auf der Balkenstruktur entfernen, wobei die Seitenwandschutzdünnschichten zurückbleiben.

Weiterhin ist es nicht notwendig, die Isoliermaterialien, die in den Gräben eingebettet werden, an beiden Teilen bzw. Abschnitten vorzusehen, nämlich zwischen dem Rahmenteil und der beweglichen Elektrode und zwischen dem Rahmenteil und der festen Elektrode, um das Rahmenteil von wenigstens der beweglichen Elektrode oder der festen Elektrode elektrisch zu isolieren. Das bedeutet, daß die Isoliermaterialien 15a, 15b, 19a bis 19d, 21a bis 21d, 25a bis 25d, 27a bis 27d und 256, die in den Gräben 14a, 14b, 18a bis 18d, 20a bis 20d, 24a bis 26a und 257 eingebettet werden, wenigstens zwischen dem Rahmenteil und der beweglichen Elektrode oder zwischen dem Rahmenteil und der festen Elektrode, zum elektrisch Isolieren des Rahmentails von wenigstens der beweglichen Elektrode oder der festen Elektrode bereitgestellt werden können.

Patentansprüche

1. Halbleitersensor für eine physikalische Größe mit: einem Substrat (1, 200), das eine Halbleiterschicht (1, 203) umfaßt, wobei die Halbleiterschicht darin eine Höhlung (2, 254) besitzt, die sich lateral erstreckt; einem Rahmenteil (5, 101, 114, 247), der an der Halbleiterschicht bereitgestellt ist; einer Balkenstruktur (6, 241), die über der Höhlung angeordnet ist, die mit dem Rahmenteil verbunden ist und die eine bewegliche Elektrode (12a-12d, 13a-13d, 102) besitzt, die durch eine Wirkung der physikalischen Größe bewegt werden kann; einer festen Elektrode (16a-16d, 17a-17d, 22a-22d, 23a-23d, 118-121), die mit dem Rahmenteil verbunden ist und die der beweglichen Elektrode gegenüberliegt; und wenigstens einem Isolator (15a, 15b, 19a-19d, 21a-21d, 25a-25d, 27a-27d, 256), der wenigstens zwischen dem Rahmenteil und der beweglichen Elektrode oder zwischen dem Rahmenteil und der festen Elektrode bereitgestellt ist, zum elektrisch Isolieren des Rahmentails von wenigstens der beweglichen Elektrode oder der festen Elektrode.
2. Halbleitersensor für eine physikalische Größe gemäß Anspruch 1, worin der Isolator (15a, 15b, 19a-19d, 21a-21d, 25a-25d, 27a-27d, 256) sowohl zwischen dem Rahmenteil und der beweglichen Elektrode als auch zwischen dem Rahmenteil und der festen Elektrode bereitgestellt ist, zum elektrisch Isolieren des Rahmentails von sowohl der beweglichen Elektrode als auch der festen Elektrode.
3. Halbleitersensor für eine physikalische Größe gemäß Anspruch 1 oder 2, worin: das Substrat (1, 200) einen Graben (4a-4d, 259) umfaßt, der sich vertikal erstreckt und der in der Halbleiterschicht (1, 203) ausgebildet ist; der Rahmenteil (5, 101, 114, 247) durch die Höhlung (2, 254) und den Graben abgeteilt wird und an den Seiten von sowohl der Höhlung als auch des Grabens angeordnet ist; die Balkenstruktur (6, 241) durch die Höhlung und den

Graben abgeteilt wird; und

die feste Elektrode (16a-16d, 17a-17d, 22a-22d, 23a-23d, 118-121) durch die Höhlung und den Graben abgeteilt wird.

4. Halbleitersensor für eine physikalische Größe gemäß irgendeinem der Ansprüche 1-3, worin das Substrat ein SOI-Substrat (200) mit einem Trägersubstrat (201) und der Halbleiterschicht (203) mit einer dazwischen angeordneten vergrabenen Isolierdünnschicht (202) ist.

5. Halbleitersensor für eine physikalische Größe gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, worin: das Substrat (1, 200) einen Basisplattenteil (3, 100, 246) umfaßt, der unter der Höhlung (2, 254) bereitgestellt ist und der durch die Höhlung abgeteilt wird, und der Halbleitersensor für eine physikalische Größe des weiteren eine Stütze (71, 72, 2120, 220, 221) aufweist, die vertikal auf dem Basisplattenteil bereitgestellt ist, zum Tragen von wenigstens der Balkenstruktur (6, 241) oder der festen Elektrode (16a-16d, 17a-17d, 22a-22d, 23a-23d, 118-121).

6. Halbleitersensor für eine physikalische Größe gemäß Anspruch 5, worin die Stütze (71, 72, 2120, 220, 221) aus Isoliermaterial besteht.

7. Halbleitersensor für eine physikalische Größe gemäß Anspruch 1, worin: das Substrat ein SOI-Substrat (200) mit einem Trägersubstrat (201) und der Halbleiterschicht (203) mit einer dazwischen angeordneten vergrabenen Isolierdünnschicht (202) ist, wobei das Trägersubstrat darin eine primäre Höhlung (248) besitzt, die sich lateral erstreckt, die Halbleiterschicht einen Graben (253) umfaßt, der sich vertikal erstreckt, und die Halbleiterschicht und die primäre Höhlung einen primären Graben (249a, 249b) umfassen, der sich vertikal erstreckt, und worin der Halbleitersensor für eine physikalische Größe des weiteren aufweist:

einen primären Rahmenteil (243), der an der Halbleiterschicht bereitgestellt ist, dadurch, daß er durch die primäre Höhlung und den primären Graben abgeteilt wird, und der an den Seiten von sowohl der primären Höhlung als auch des primären Grabens angeordnet ist; eine primäre Schwingungsmasse (240), die über der Höhlung angeordnet ist, dadurch, daß sie durch die primäre Höhlung und den primären Graben abgeteilt wird, die mit dem primären Rahmenteil verbunden ist und die eine primäre bewegliche Elektrode (251a-251d, 252a-252d) besitzt; und eine primäre feste Erregungselektrode (244a-244f, 245a-245f), die durch die Höhlung (253) und den Graben (254), die in der Halbleiterschicht (203) ausgebildet sind, abgeteilt wird, die mit dem primären Rahmenteil verbunden ist und die der primären beweglichen Elektrode gegenüberliegt.

8. Halbleitersensor für eine physikalische Größe gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, worin der Isolator (15a, 15b, 19a-19d, 21a-21d, 25a-25d, 27a-27d, 256) in einem Isoliergraben (14a, 14b, 18a-18d, 20a-20d, 24a-24d, 26a-26d, 257) bereitgestellt ist, der wenigstens zwischen dem Rahmenteil und der beweglichen Elektrode oder zwischen dem Rahmenteil und der festen Elektrode bereitgestellt ist.

9. Halbleitersensor für eine physikalische Größe gemäß Anspruch 8, worin der Isolator (15a, 15b, 19a-19d, 21a-21d, 25a-25d, 27a-27d, 256) aus einem Isoliermaterial oder einem mit Isoliermaterial bedeckten Material besteht.

10. Halbleitersensor für eine physikalische Größe ge-

mäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 9, worin der Isolator (15a, 15b, 19a-19d, 21a-21d, 25a-25d, 27a-27d, 256) die Höhlung (2, 254) erreicht.

11. Halbleitersensor für eine physikalische Größe gemäß Anspruch 10, worin der Isolator (15a, 15b, 19a-19d, 21a-21d, 25a-25d, 27a-27d, 256) in die Höhlung (2, 254) hinein hervorsteht.

12. Halbleitersensor für eine physikalische Größe mit: einem Halbleitersubstrat (1), das aus einer einzelnen Schicht besteht, das darin eine Höhlung (2) besitzt, die sich lateral erstreckt, das einen Graben (4a-4d) besitzt, der sich vertikal erstreckt und der die Höhlung erreicht, und das einen Basisplattenteil (3) besitzt, der durch die Höhlung abgeteilt wird und der unter der Höhlung angeordnet ist;

einem Rahmenteil (5), der an den Seiten von sowohl der Höhlung als auch des Grabens angeordnet ist, dadurch, daß er durch die Höhlung und den Graben abgeteilt wird;

einer Balkenstruktur (6), die über der Höhlung angeordnet ist, dadurch, daß sie durch die Höhlung und den Graben abgeteilt wird, die mit dem Rahmenteil verbunden ist und die eine bewegliche Elektrode (12a-12d, 13a-13d) besitzt, die durch eine Wirkung der physikalischen Größe bewegt werden kann; einer festen Elektrode (16a-16d, 17a-17d, 22a-22d, 23a-23d), die über der Höhlung angeordnet ist, dadurch, daß sie durch die Höhlung und den Graben abgeteilt wird, die mit dem Rahmenteil verbunden ist und die der beweglichen Elektrode gegenüberliegt; und einem Isolator (15a, 15b, 19a-19d, 21a-21d, 25a-25d, 27a-27d), der in Isoliergräben eingebettet ist, die zwischen dem Rahmenteil und der beweglichen Elektrode und zwischen dem Rahmenteil und der festen Elektrode bereitgestellt sind.

13. Halbleitersensor für eine physikalische Größe mit: einem SOI-Substrat (200) mit einem Trägersubstrat (201) und der Halbleiterschicht (203) mit einer dazwischen angeordneten vergrabenen Isolierdünnschicht (202), wobei das Trägersubstrat eine primäre Höhlung (248) besitzt, die sich lateral erstreckt, die vergrabene Isolierdünnschicht ein Durchgangsloch (250) besitzt, die Halbleiterschicht einen Graben (255a, 255b) und einen sekundären Graben (259) besitzt, die sich vertikal erstrecken, die Halbleiterschicht eine Höhlung (253) und eine sekundäre Höhlung (254) besitzt, die sich lateral erstrecken, und die Halbleiterschicht und die primäre Höhlung einen primären Graben (249a, 249b) besitzen, der sich vertikal erstreckt;

einem primären Rahmenteil (243), der durch die primäre Höhlung und das Durchgangsloch abgeteilt wird und der an den Seiten der primären Höhlung, des primären Grabens und des Durchgangsloches angeordnet ist;

einer primären Schwingungsmasse (240), die durch die primäre Höhlung, den primären Graben und das Durchgangsloch abgeteilt wird, die mit dem primären Rahmenteil verbunden ist und die eine primäre bewegliche Elektrode (251a-251d, 252a-252d) besitzt;

einer primären festen Erregungselektrode (244a-244f, 245a-245f), die durch die Höhlung (253) und den Graben (255a, 255b), die in der Halbleiterschicht (203) ausgebildet sind, abgeteilt wird, die mit dem primären Rahmenteil verbunden ist und die der primären beweglichen Elektrode gegenüberliegt;

einem sekundären Rahmenteil (247), der durch die sekundäre Höhlung und den sekundären Graben abgeteilt wird und der an den Seiten von sowohl der sekundären

Höhlung als auch des sekundären Grabens angeordnet ist, zum Tragen der primären beweglichen Elektrode der primären Schwingungsmasse;
 einer Balkenstruktur (6), die durch die sekundäre Höhlung und den sekundären Graben abgeteilt wird, die über der sekundären Höhlung angeordnet ist, die mit dem sekundären Rahmenteil verbunden ist und die eine sekundäre bewegliche Elektrode (12a-12d, 13a-13d) besitzt, die durch eine Wirkung der physikalischen Größe bewegt werden kann;
 einer sekundären festen Erregungselektrode (16a-16d, 17a-17d, 22a-22d, 23a-23d), die durch die sekundäre Höhlung und den sekundären Graben abgeteilt wird, die über der sekundären Höhlung angeordnet ist, die mit dem sekundären Rahmenteil verbunden ist und die der sekundären beweglichen Elektrode gegenüberliegt; einem ersten Isolator (256), der in Isoliergräben (257) eingebettet ist, die zwischen der primären beweglichen Elektrode und dem sekundären Rahmenteil und zwischen der primären festen Erregungselektrode und dem primären Rahmenteil bereitgestellt sind; und einem zweiten Isolator (256), der in Isoliergräben (257) eingebettet ist, die zwischen der sekundären beweglichen Elektrode und dem sekundären Rahmenteil und zwischen der sekundären festen Erregungselektrode und dem sekundären Rahmenteil bereitgestellt sind.

14. Verfahren zum Herstellen eines Halbleitersensors für eine physikalische Größe, das die folgenden Schritte aufweist:
 Durchführen eines anisotropen Ätzens von einer oberen Oberfläche einer Halbleiterschicht (1, 203) her, die ein Substrat (1, 200) bildet, um einen ersten Graben (14a, 14b, 18a-18d, 20a-20d, 24a-24d, 26a-26d, 257) auszubilden, der sich vertikal erstreckt, zum elektrisch Isolieren einer beweglichen Elektrode (12a-12d, 13a-13d, 102) und einer festen Elektrode (16a-16d, 17a-17d, 22a-22d, 23a-23d, 118-121) von einem Rahmenteil (5, 101, 114, 247);
 Einbetten eines Isolators (15a, 15b, 19a-19d, 21a-21d, 25a-25d, 27a-27d, 256) in den ersten Graben;
 Durchführen eines weiteren anisotropen Ätzens von der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht (1, 203) her, um einen zweiten Graben (4a-4d, 259) auszubilden, der sich vertikal erstreckt, zum Abteilen und Ausbilden des Rahmenteils, einer Balkenstruktur (6, 241) und der festen Elektrode;
 Ausbilden einer Schutzdünnschicht (40, 41, 42, 258) auf einer Seitenwand des zweiten Grabens mit Ausnahme einer Bodenfläche davon; und
 Durchführen eines isotropen Ätzens von der Bodenfläche des zweiten Grabens her, um eine Höhlung (2, 254) auszubilden, die sich lateral erstreckt, zum Abteilen und Ausbilden eines Basisplattenteils (3, 100, 246), der unter der Höhlung angeordnet ist, des Rahmenteils, der an den Seiten der Höhlung und des zweiten Grabens angeordnet ist, der Balkenstruktur und der festen Elektrode.

15. Verfahren gemäß Anspruch 14, worin der Schritt des Durchführens des anisotropen Ätzens, um den ersten Graben auszubilden, des weiteren einen dritten Graben (80a, 80b, 230a, 230b, 293, 294) ausbildet, der sich vertikal erstreckt und der tiefer als der erste Graben (14a, 14b, 18a-18d, 20a-20d, 24a-24d, 26a-26d, 257) ist;
 der Schritt des Einbettens des Isolators (15a, 15b, 19a-19d, 21a-21d, 25a-25d, 27a-27d, 256) des weiteren den Isolator in den dritten Graben einbettet; und
 der Schritt des Durchführens des isotropen Ätzens be-

endet wird, bevor ein unteres Ende des in den dritten Graben eingebetteten Isolators freigelegt wird.

16. Verfahren gemäß Anspruch 14 oder 15, worin das Substrat ein SOI-Substrat (200) mit einem Trägersubstrat (201) und der Halbleiterschicht (203) mit einer dazwischen angeordneten vergrabenen Isolierdünnschicht (202) ist; und
 der Schritt des Durchführens des isotropen Ätzens beendet wird, wenn die vergrabene Isolierdünnschicht freigelegt wird.

17. Verfahren zum Herstellen eines Halbleitersensors für eine physikalische Größe, das die folgenden Schritte aufweist:
 Bereitstellen eines SOI-Substrates (200) mit einem Trägersubstrat (201) und der Halbleiterschicht (203) mit einer dazwischen angeordneten vergrabenen Isolierdünnschicht (202);
 Durchführen eines anisotropen Ätzens von einer oberen Oberfläche der Halbleiterschicht her, um einen ersten Graben (257) auszubilden, der sich vertikal erstreckt, zum elektrisch Isolieren einer beweglichen Elektrode (12a-12d, 13a-13d) und einer festen Elektrode (16a-16d, 17a-17d, 22a-22d, 23a-23d) von einem Rahmenteil (247);
 Einbetten eines Isolators (256) in den ersten Graben;
 Durchführen eines weiteren anisotropen Ätzens von der oberen Oberfläche der Halbleiterschicht (203) her, um einen zweiten Graben (249a, 249b) auszubilden, der sich vertikal erstreckt, zum Abteilen und Ausbilden eines primären Basisplattenteils (242), eines primären Rahmenteils (243), einer primären festen Erregungselektrode (244a-244f, 245a-245f), eines sekundären Basisplattenteils (246), eines sekundären Rahmenteils (247), einer Balkenstruktur (241) und einer sekundären festen Erregungselektrode (16a-16d, 17a-17d, 22a-22d, 23a-23d);
 Ausbilden einer Schutzdünnschicht (258) auf einer Seitenwand des zweiten Grabens mit Ausnahme einer Bodenfläche davon;
 Ausbilden eines dritten Grabens (280), der sich vertikal erstreckt, von dem zweiten Graben her, und eines Durchgangsloches (250) in der vergrabenen Isolierdünnschicht, so daß es sich vertikal erstreckt, von dem dritten Graben her; und
 Durchführen eines isotropen Ätzens an der Halbleiterschicht und dem Trägersubstrat von dem dritten Graben und dem Durchgangsloch her, um eine Höhlung (2, 254) auszubilden, die sich lateral erstreckt, zum Abteilen und Ausbilden des primären Basisplattenteils, des primären Rahmenteils, der primären festen Erregungselektrode, des sekundären Basisplattenteils, des sekundären Rahmenteils, der Balkenstruktur und der sekundären festen Erregungselektrode.

18. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 14 bis 17, worin der Isolator (15a, 15b, 19a-19d, 21a-21d, 25a-25d, 27a-27d, 256) aus einem Isoliermaterial oder einem mit Isoliermaterial bedeckten Material mit niedriger mechanischer Spannung besteht.

19. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 14 bis 18, worin die Schutzdünnschicht (40, 41, 42, 258) aus einer Oxiddünnschicht besteht.

20. Verfahren gemäß Anspruch 19, worin die Oxiddünnschicht (40, 41, 42, 258) aus einer Oxiddünnschicht, die mittels eines Sauerstoffplasmaprozesses hergestellt wird, oder einer thermischen Oxiddünnschicht besteht.

21. Verfahren gemäß Anspruch 19, worin die Schutzdünnschicht (40, 41, 42, 258) aus einer Dünnschicht

besteht, die während des Ätzens zum Ausbilden des Grabens ausgebildet wird.

22. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 14 bis 16, worin der durch das anisotrope Ätzen ausgebildete erste Graben eine Gestalt besitzt, derart, daß ein Mittelteil eines Teils, der von dem Rahmenteil (5, 101, 114, 247) hervorsteht, in Richtung eines Spitzenteils der festen Elektrode (16a-16d, 17a 17d, 22a-22d, 23a-23d, 118-121) in einer Draufsicht auf den ersten Graben hervorsteht.

23. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 14 bis 22, das des weiteren den Schritt aufweist:

Entfernen der Schutzdünnschicht auf der Seitenwand.

24. Verfahren gemäß irgendeinem der Ansprüche 14 bis 22, das des weiteren die Schritte aufweist:

Ausbilden eines Leitungsmaterials auf der Balkenstruktur; und

Entfernen von Dünnschichten auf der Balkenstruktur außer einem Teil unter dem Leitungsmaterial.

Hierzu 46 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

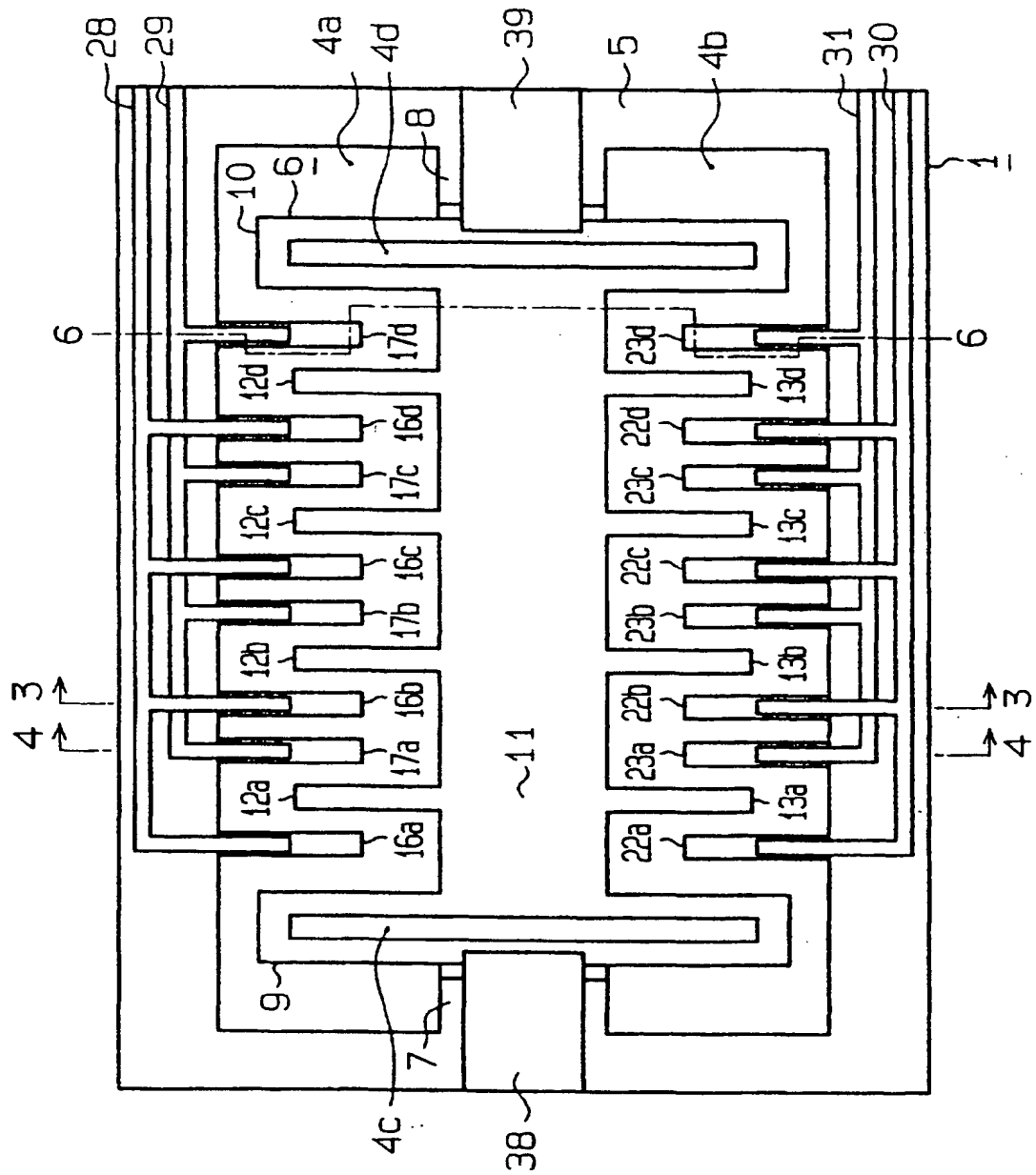


FIG. 2

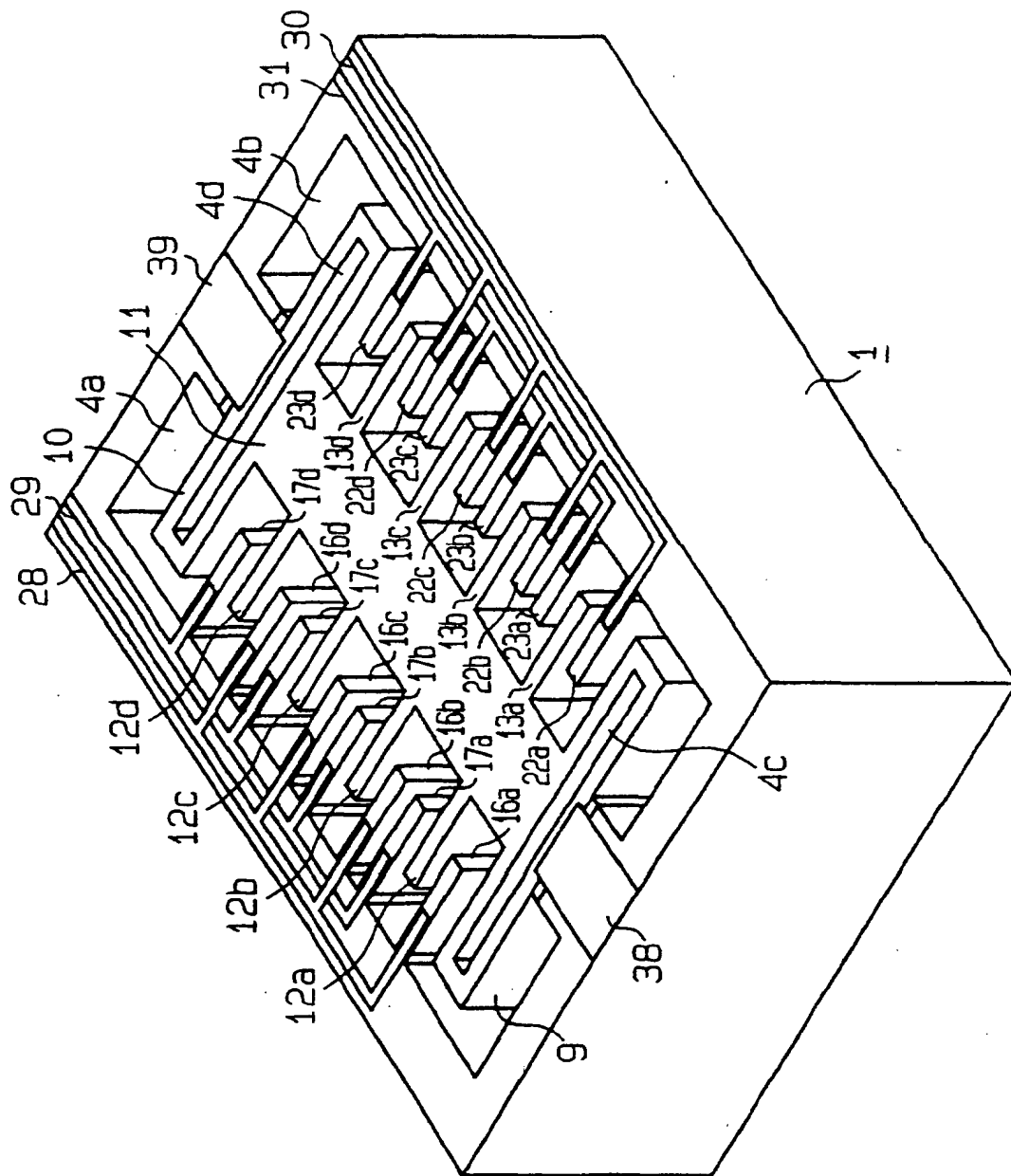


FIG. 3

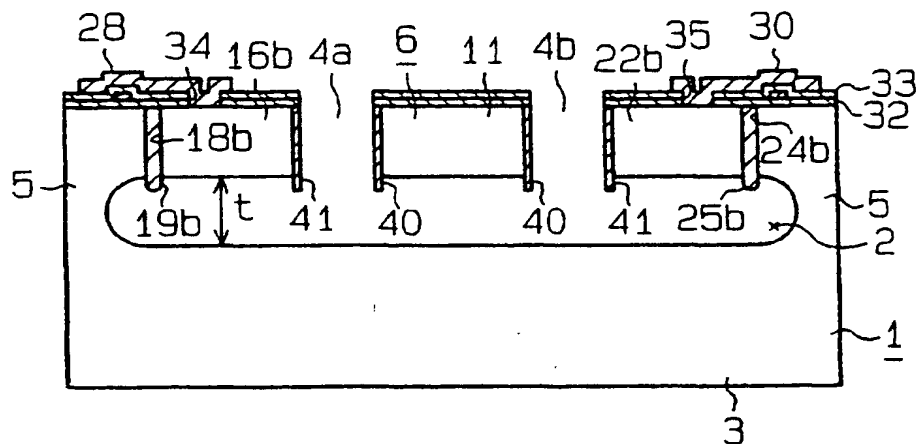


FIG. 4

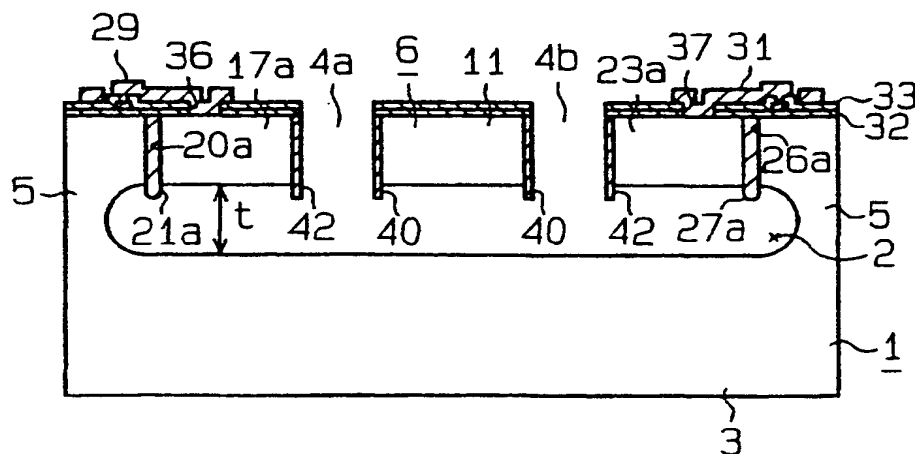


FIG. 5

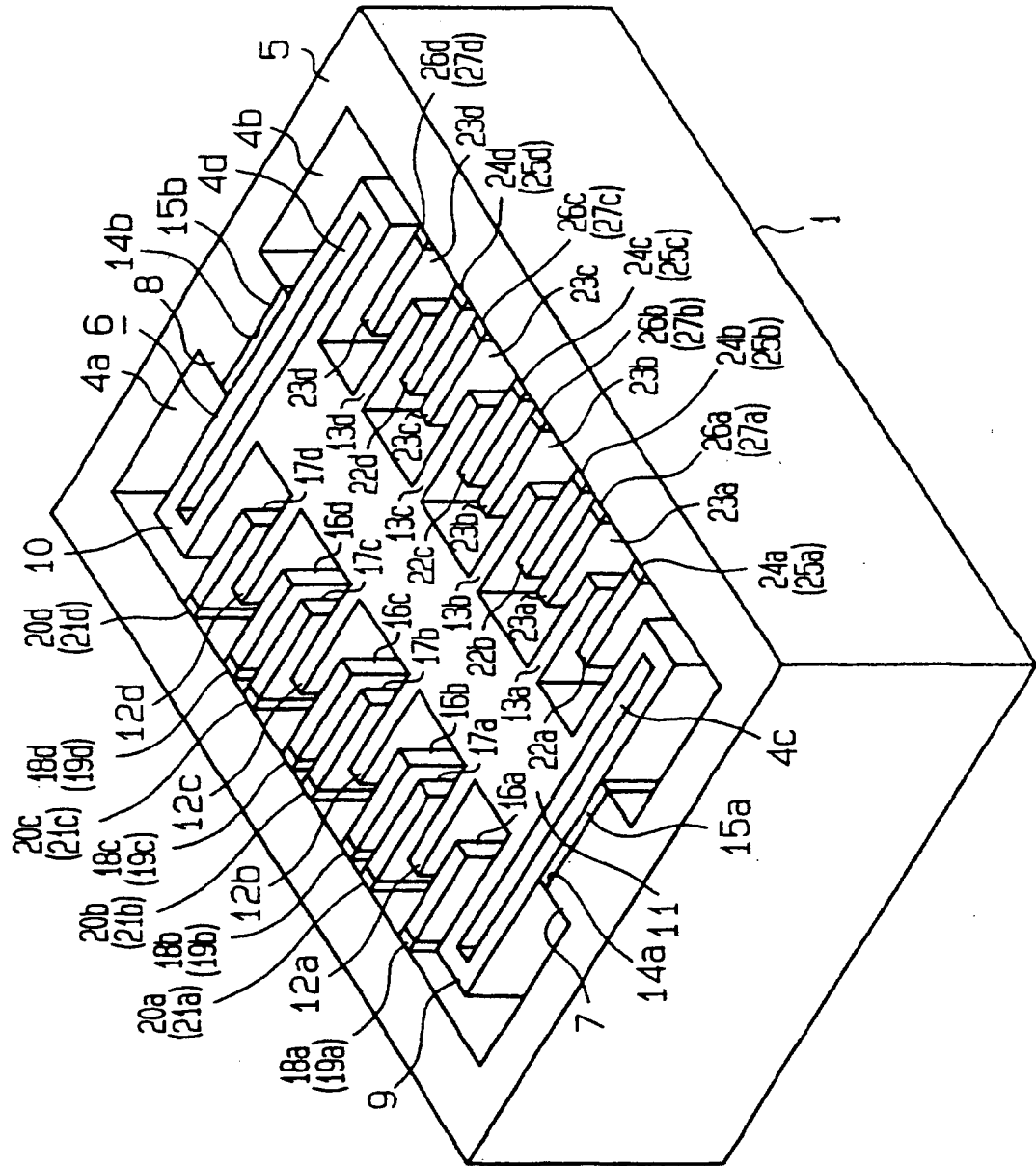


FIG. 6

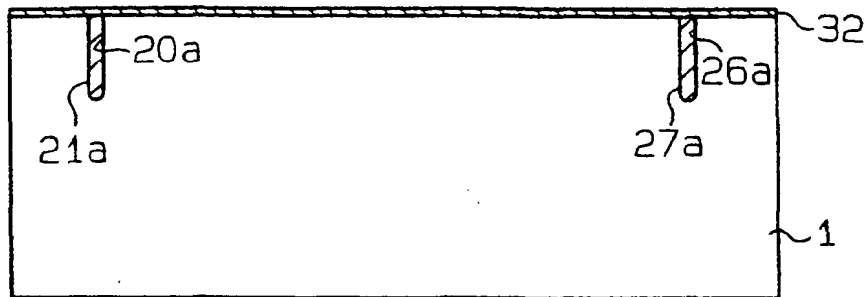


FIG. 7

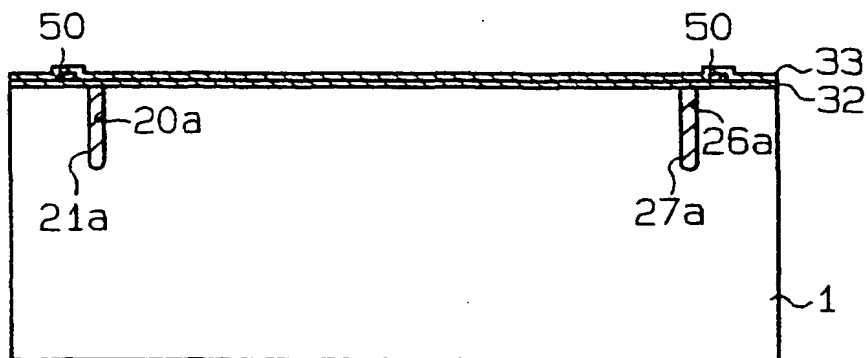


FIG. 8

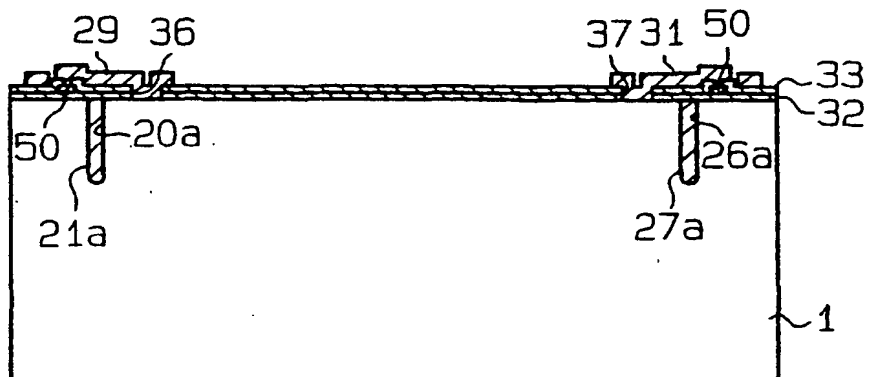


FIG. 9

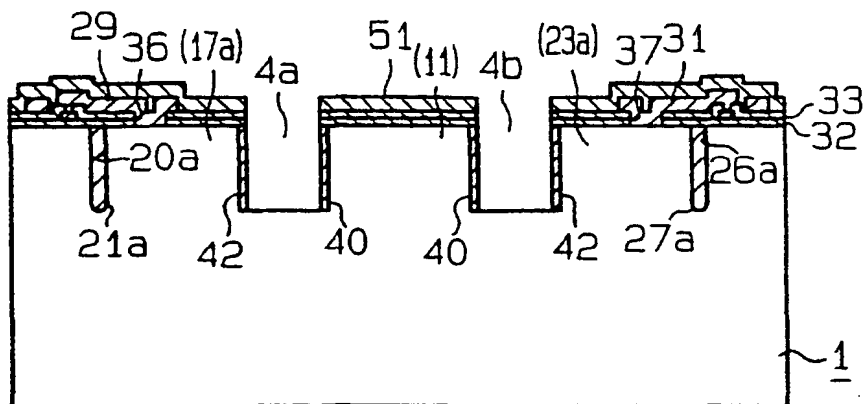


FIG. 10

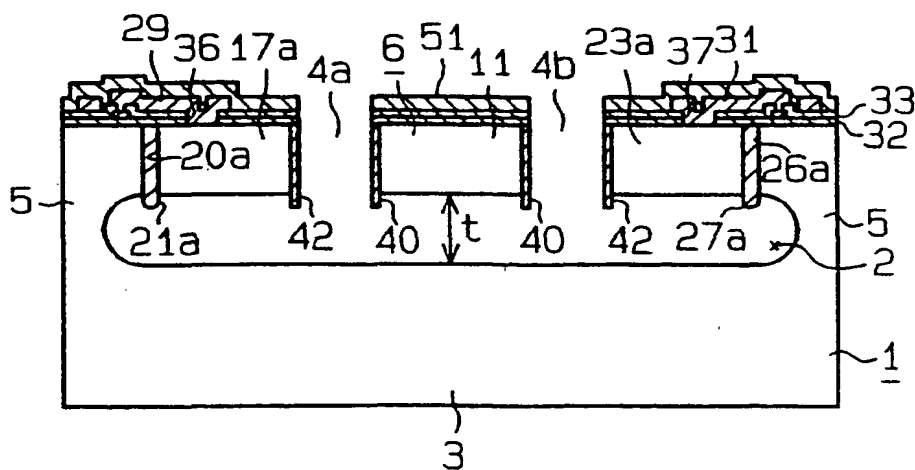


FIG. 11

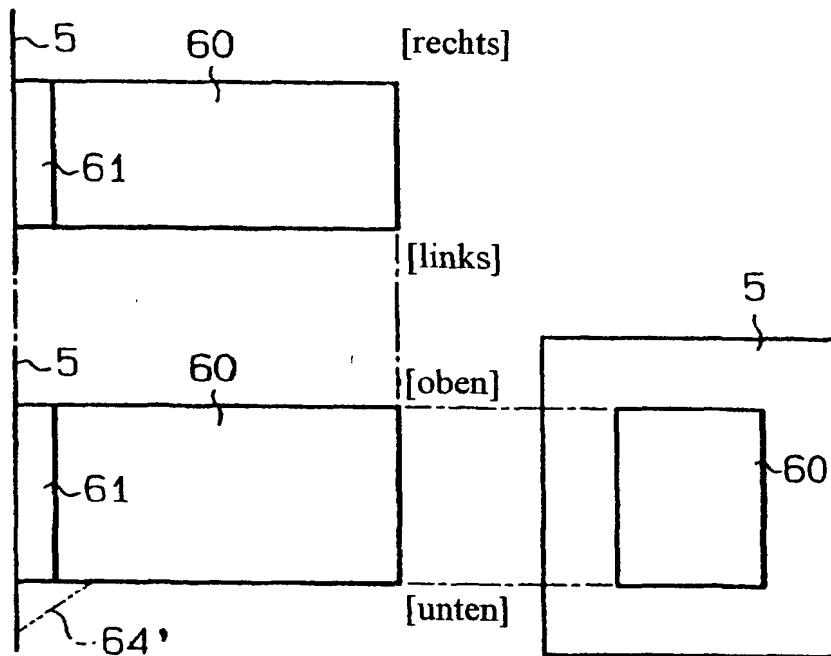


FIG. 12

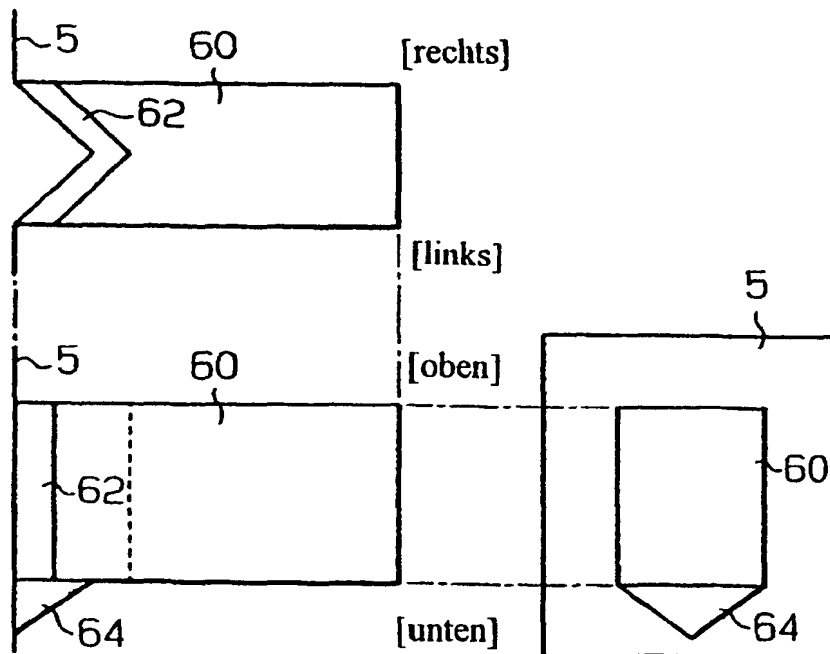


FIG. 13

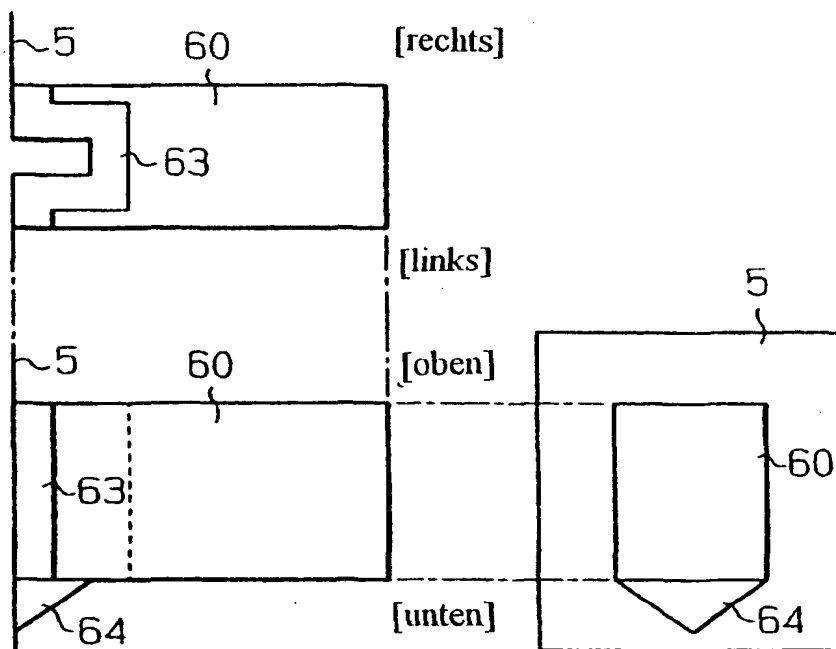


FIG. 14

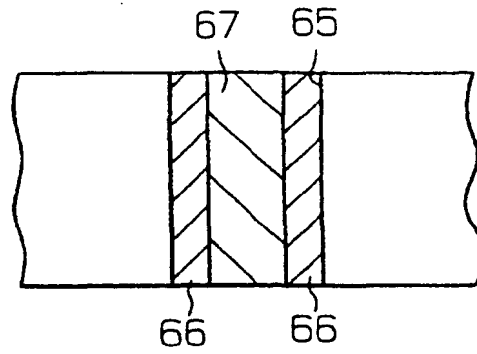


FIG. 15A

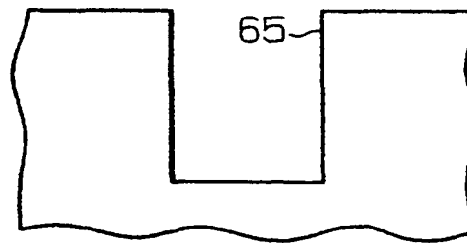


FIG. 15B

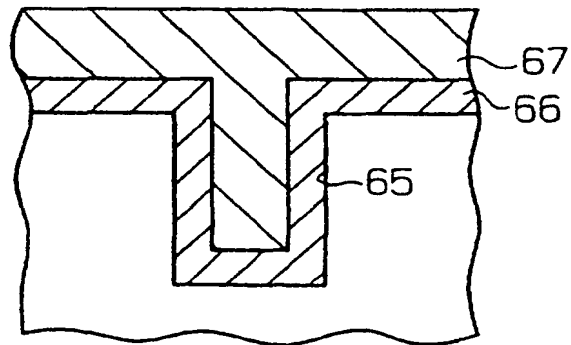


FIG. 16

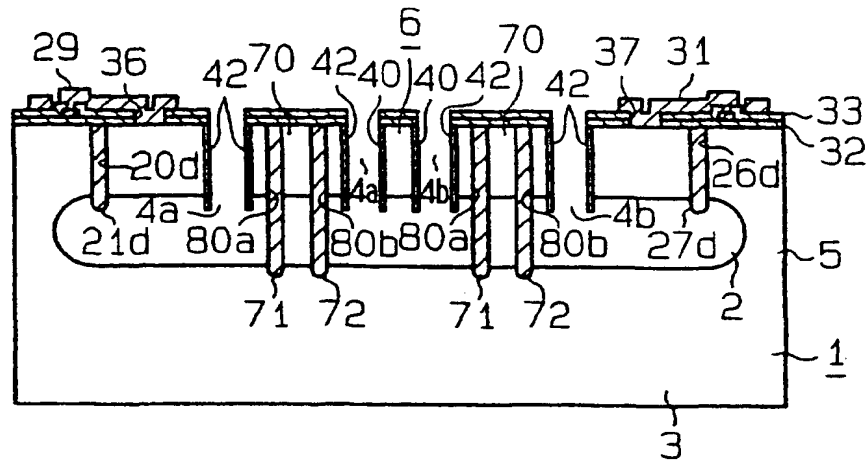


FIG.17

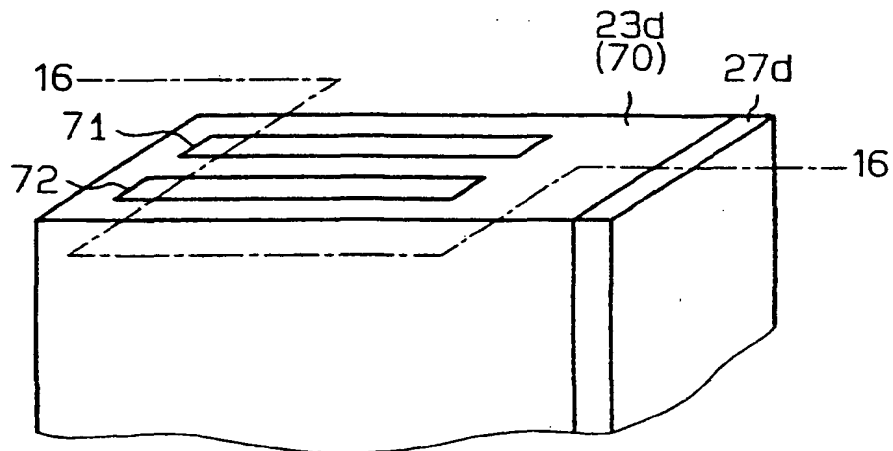


FIG. 18

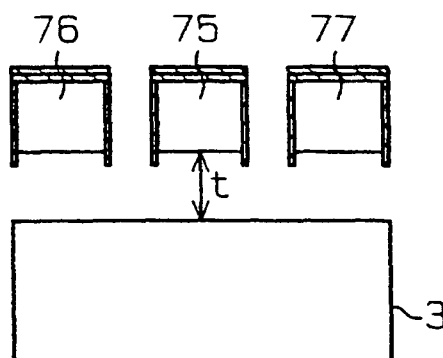


FIG. 19

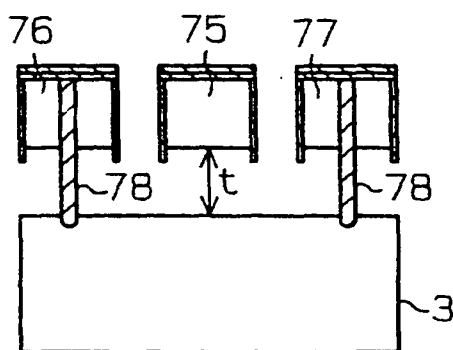


FIG. 20

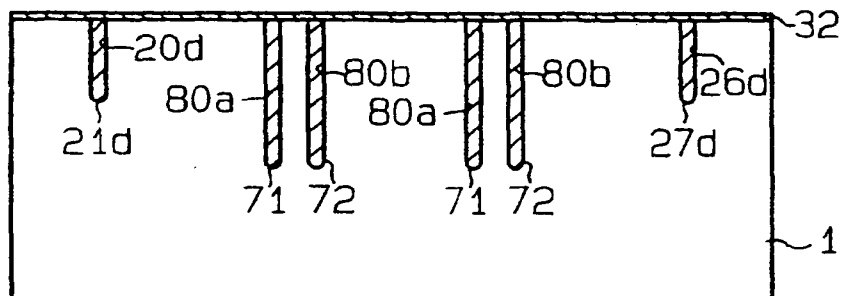


FIG. 21

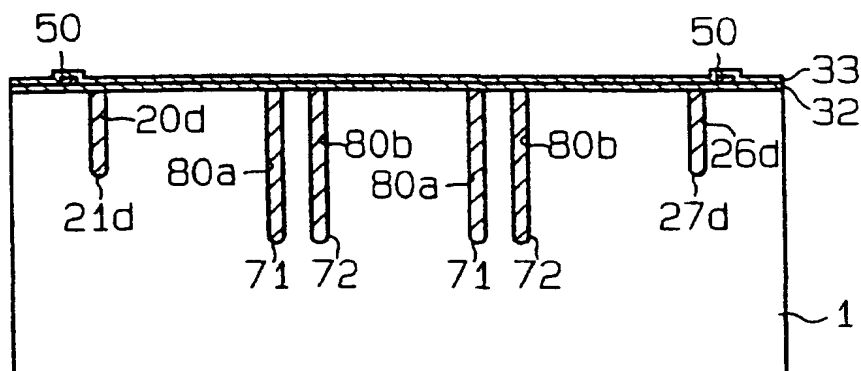


FIG. 22

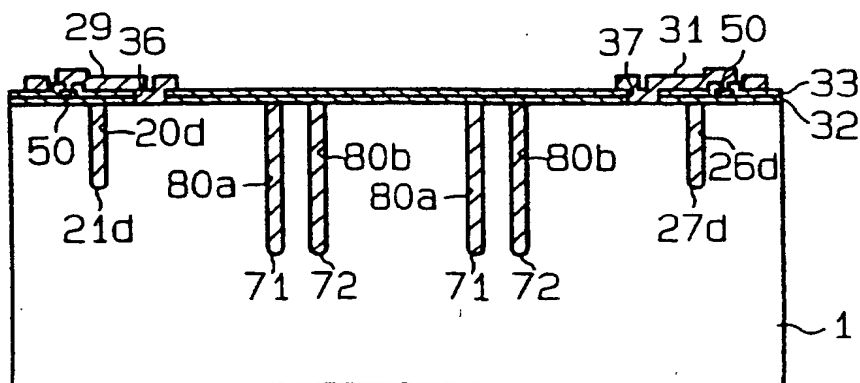


FIG. 23

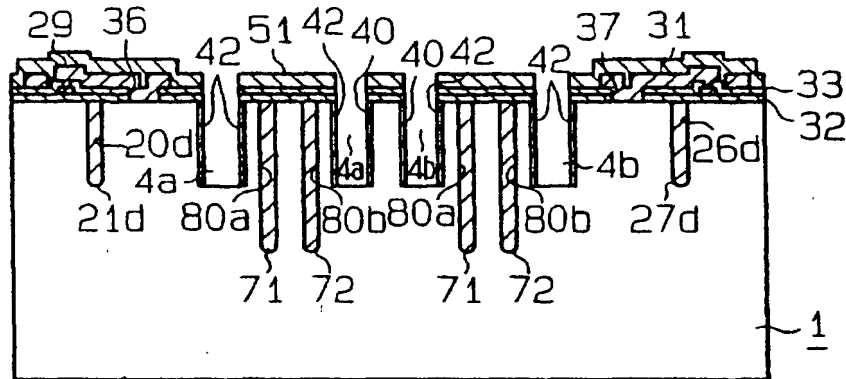


FIG. 24

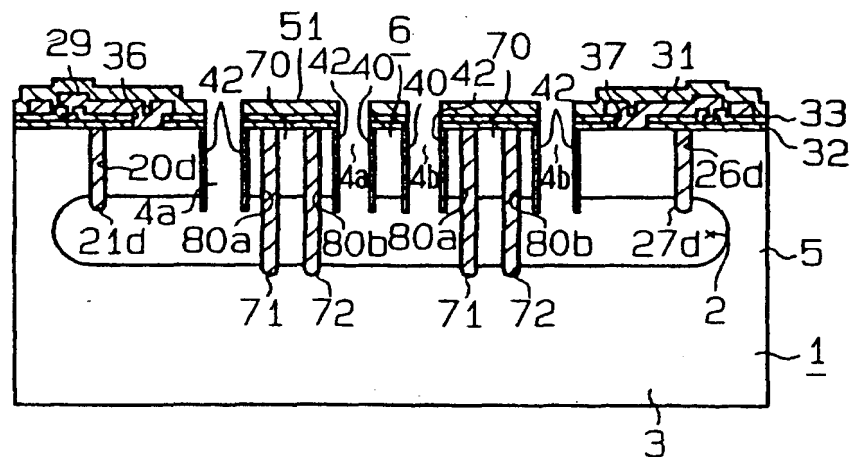


FIG. 25

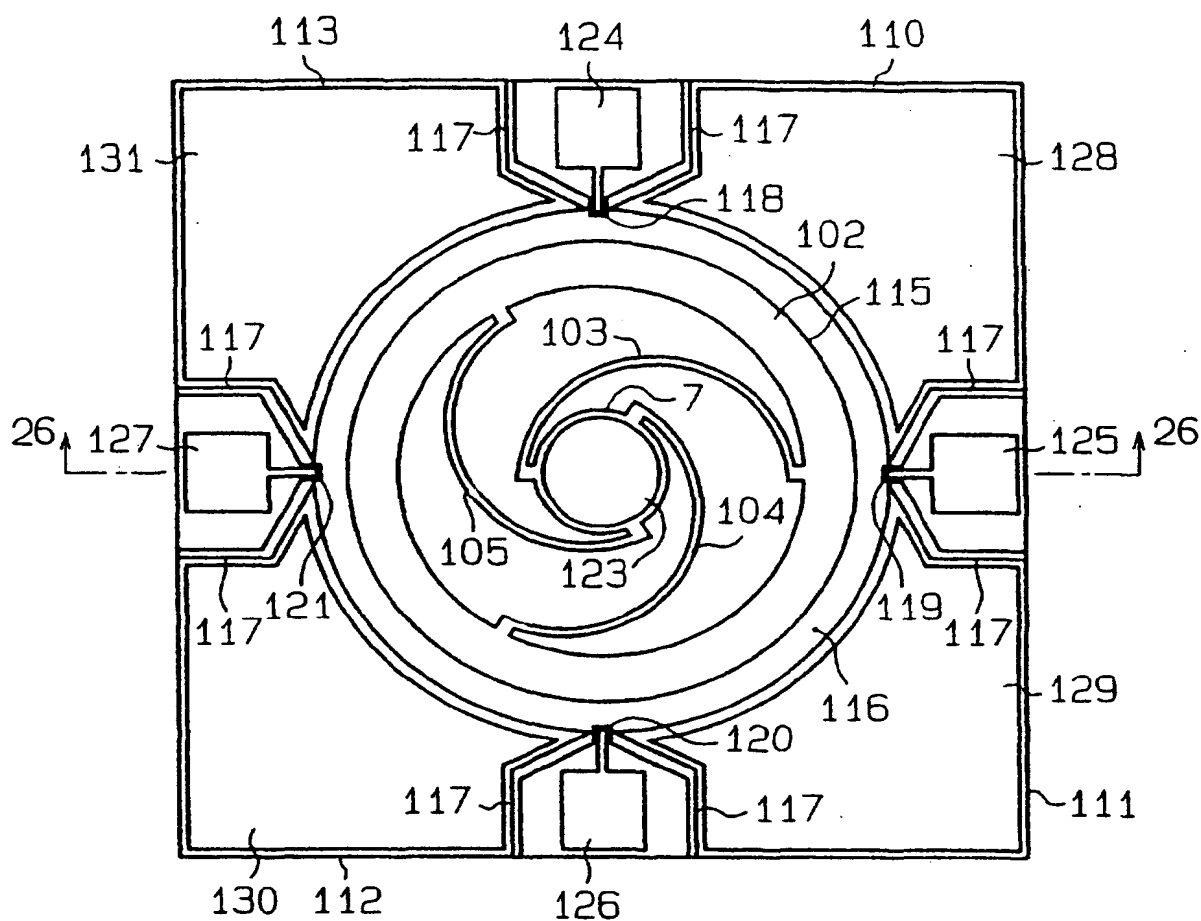


FIG. 26

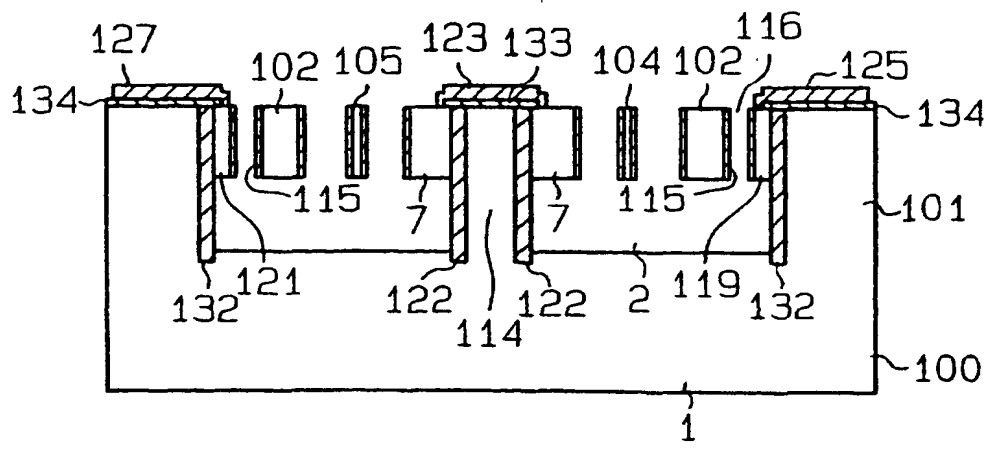


FIG. 27

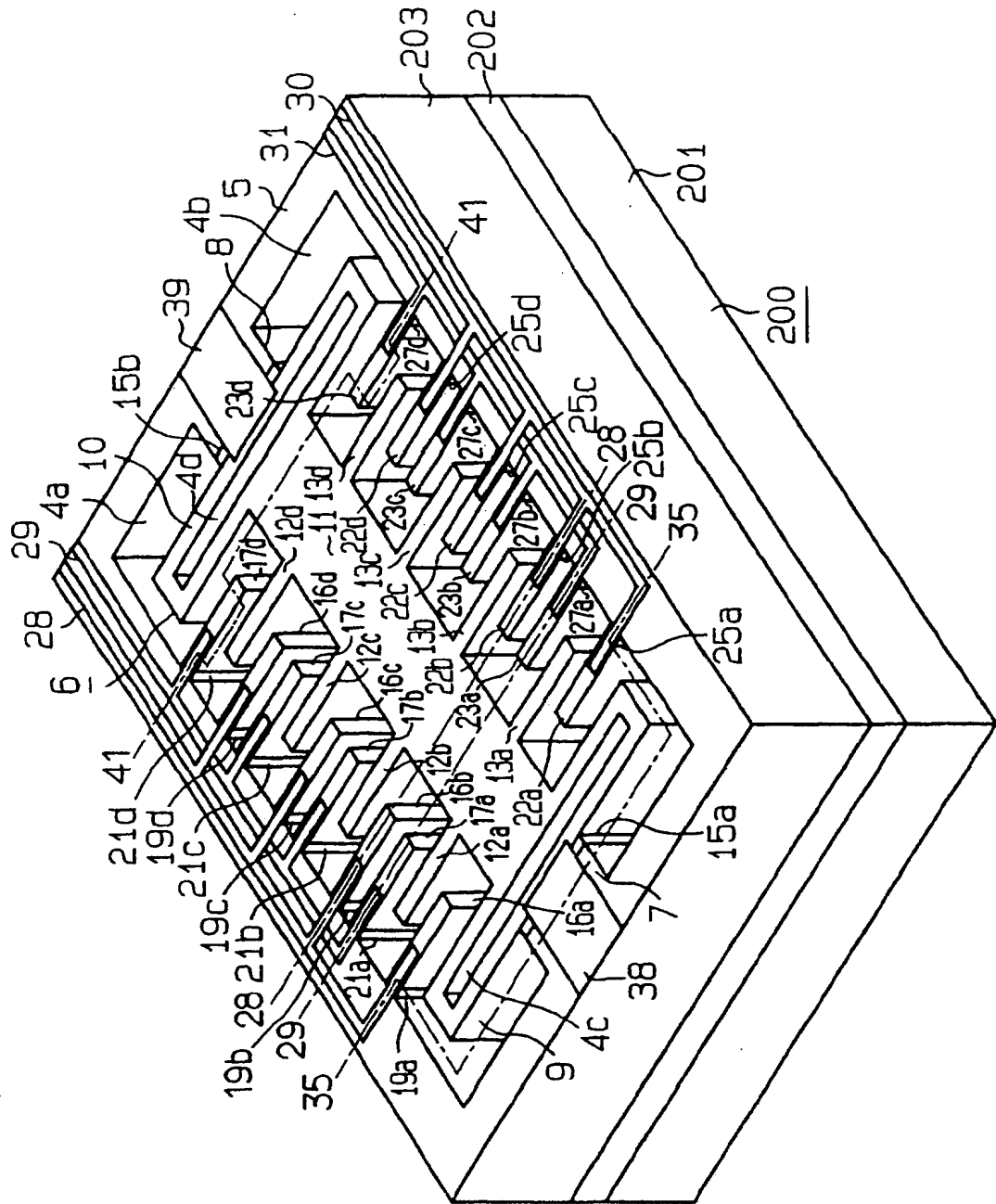


FIG. 28

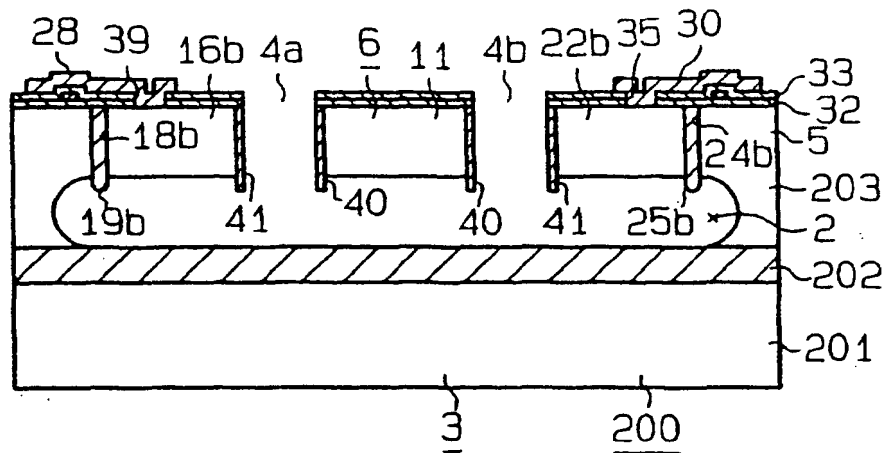


FIG. 29

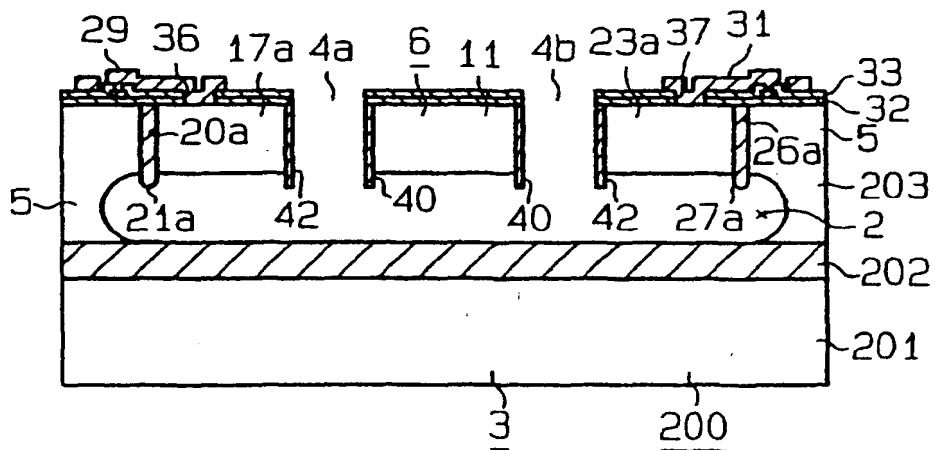


FIG. 30

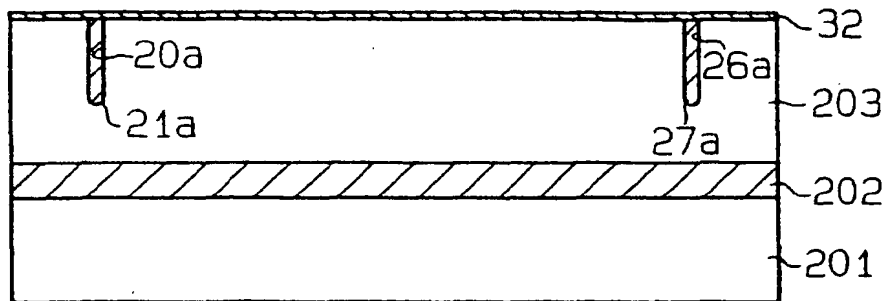


FIG. 31

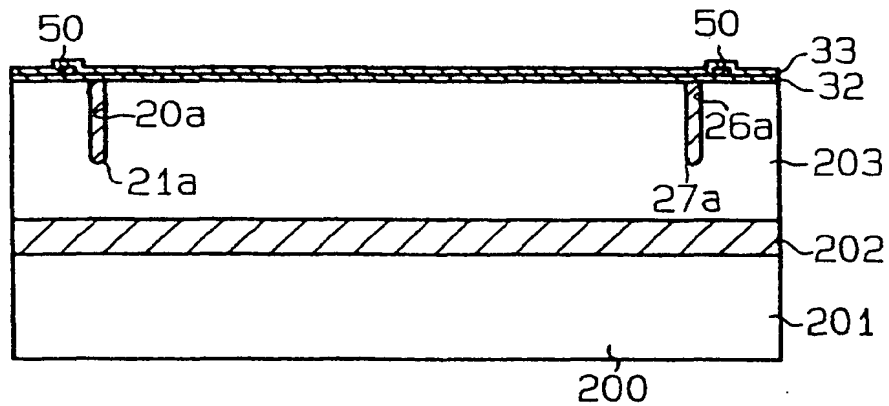


FIG. 32

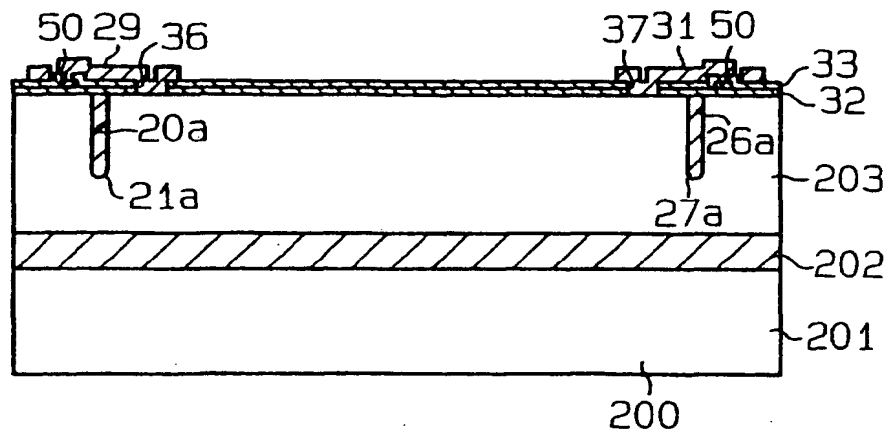


FIG. 33

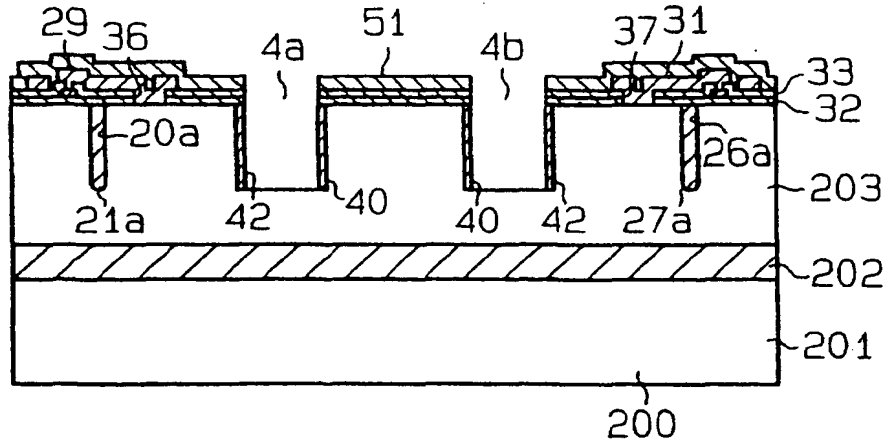


FIG. 34

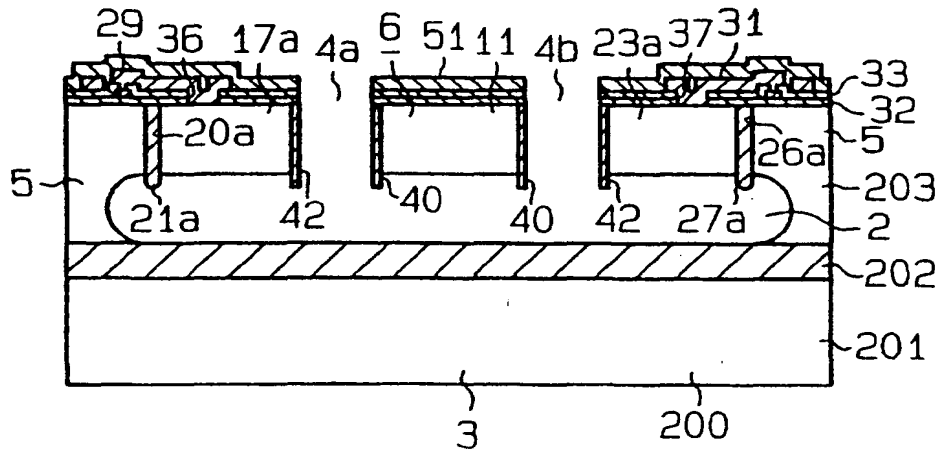


FIG. 35

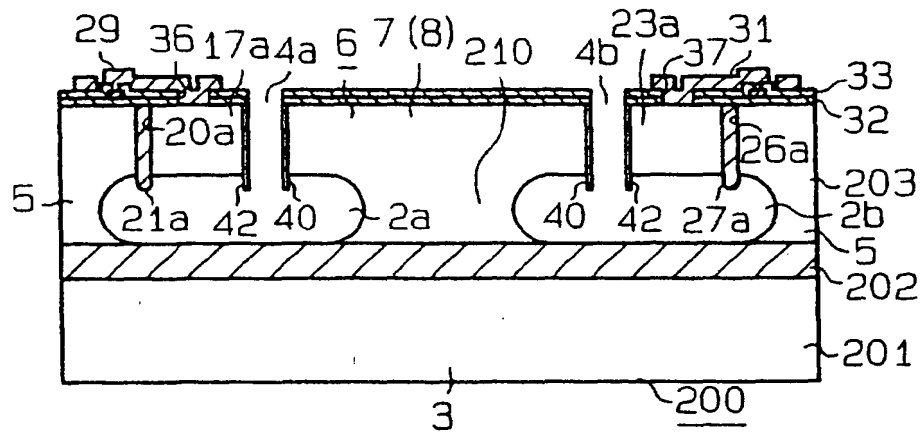


FIG. 36

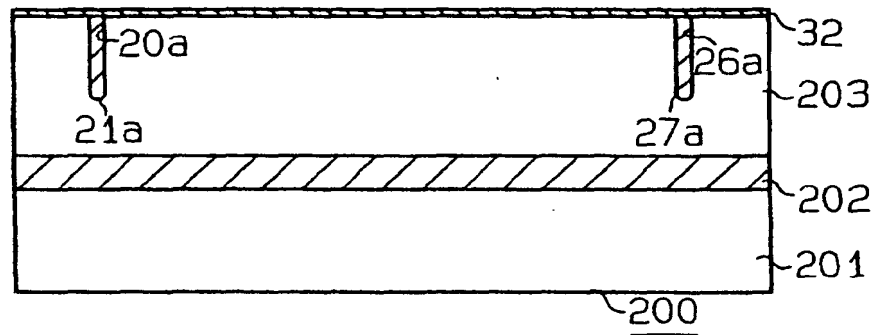


FIG. 37

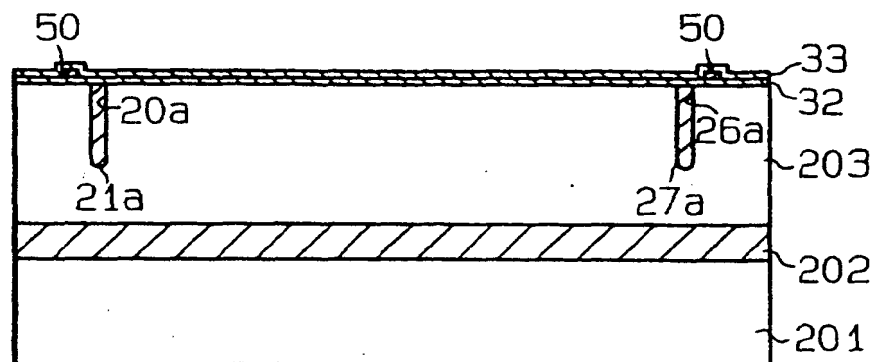


FIG. 38

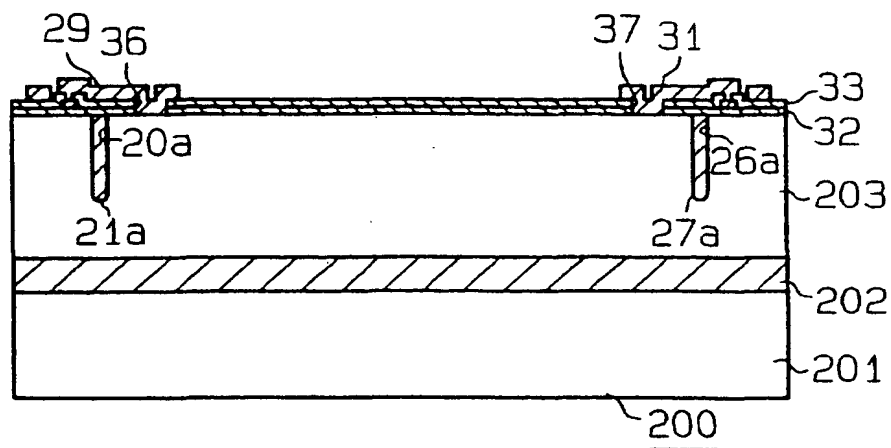


FIG. 39

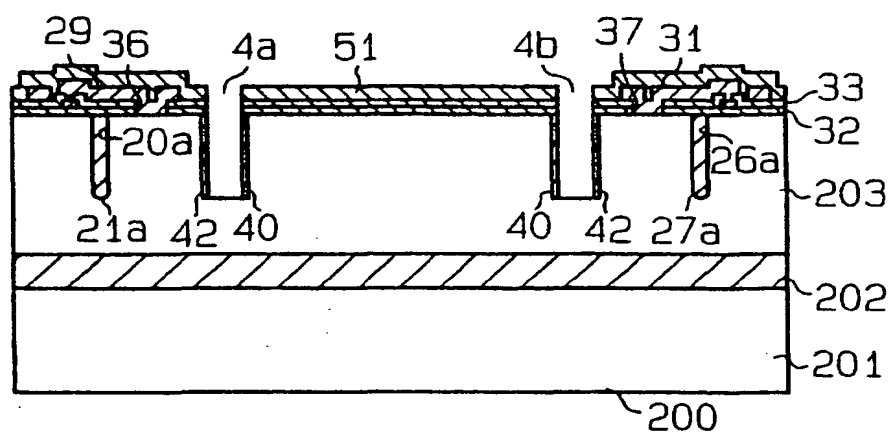


FIG. 40

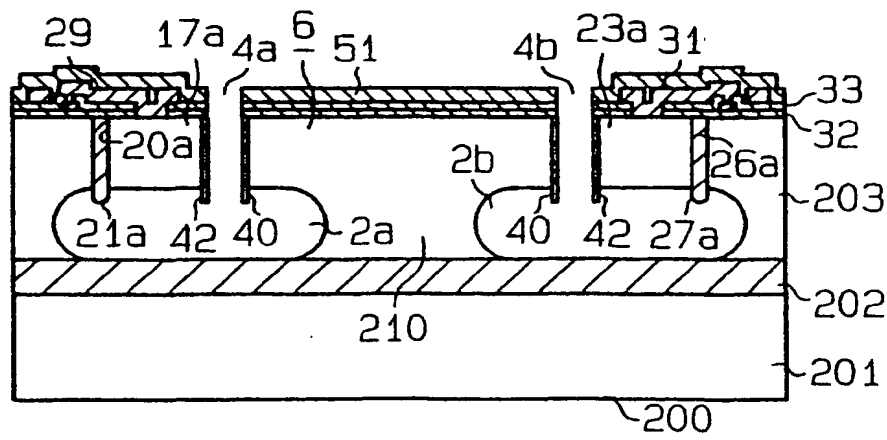


FIG. 41

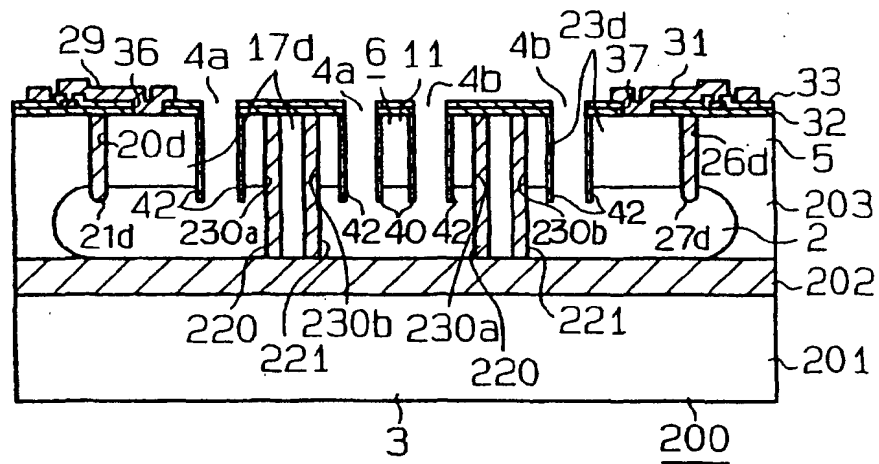


FIG. 42

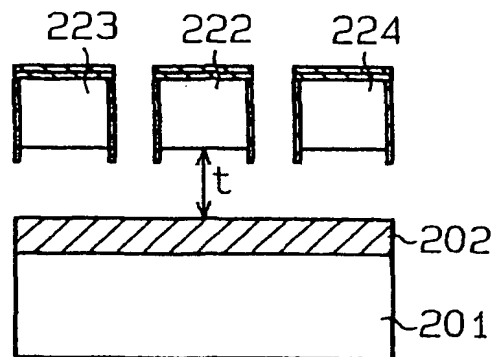


FIG. 43

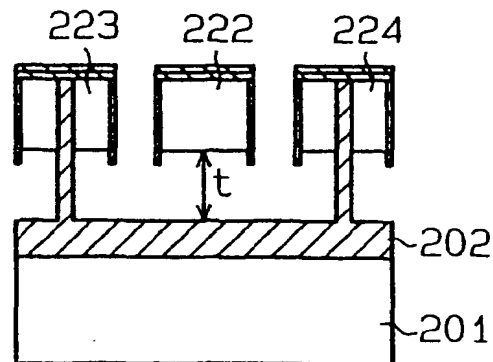


FIG. 44

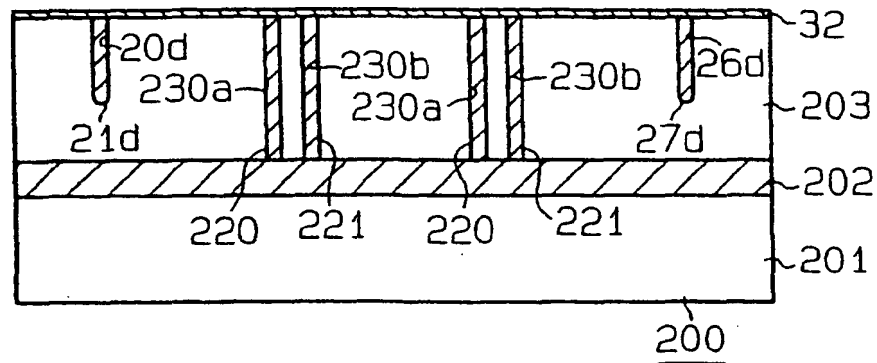


FIG. 45

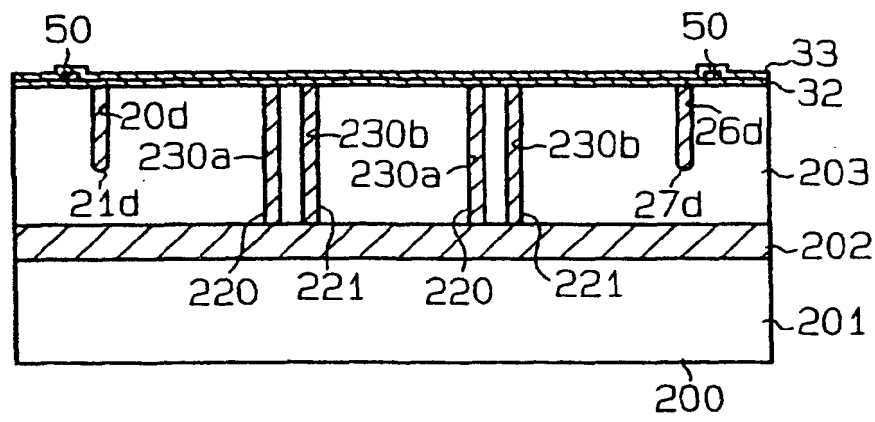


FIG. 46

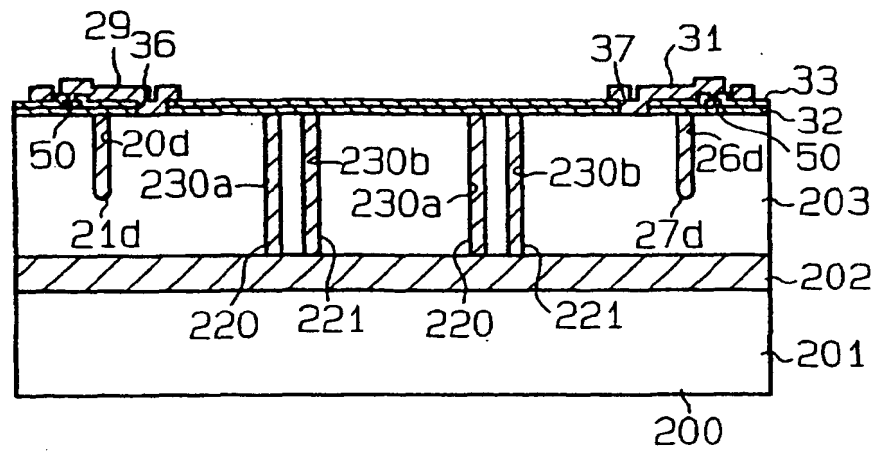


FIG. 47

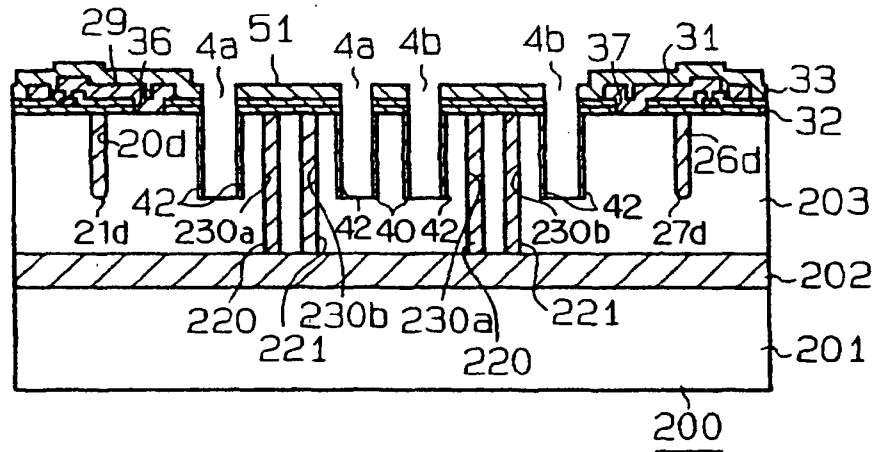


FIG. 48

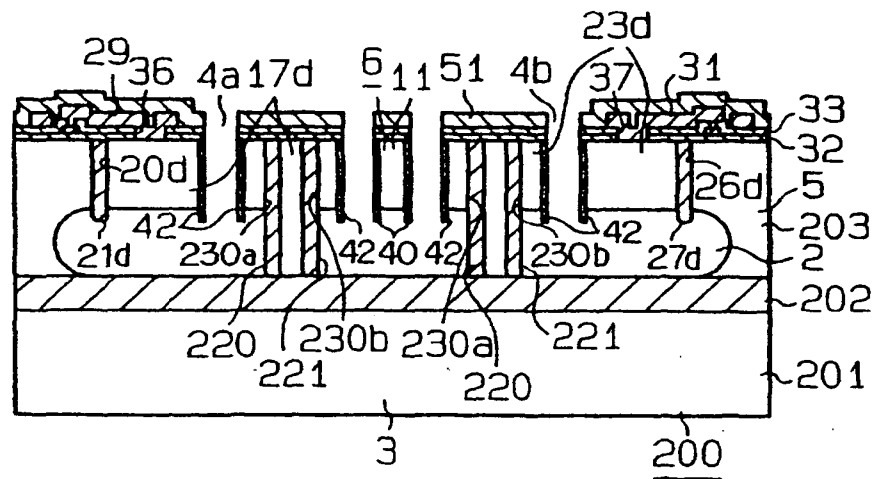


FIG. 49

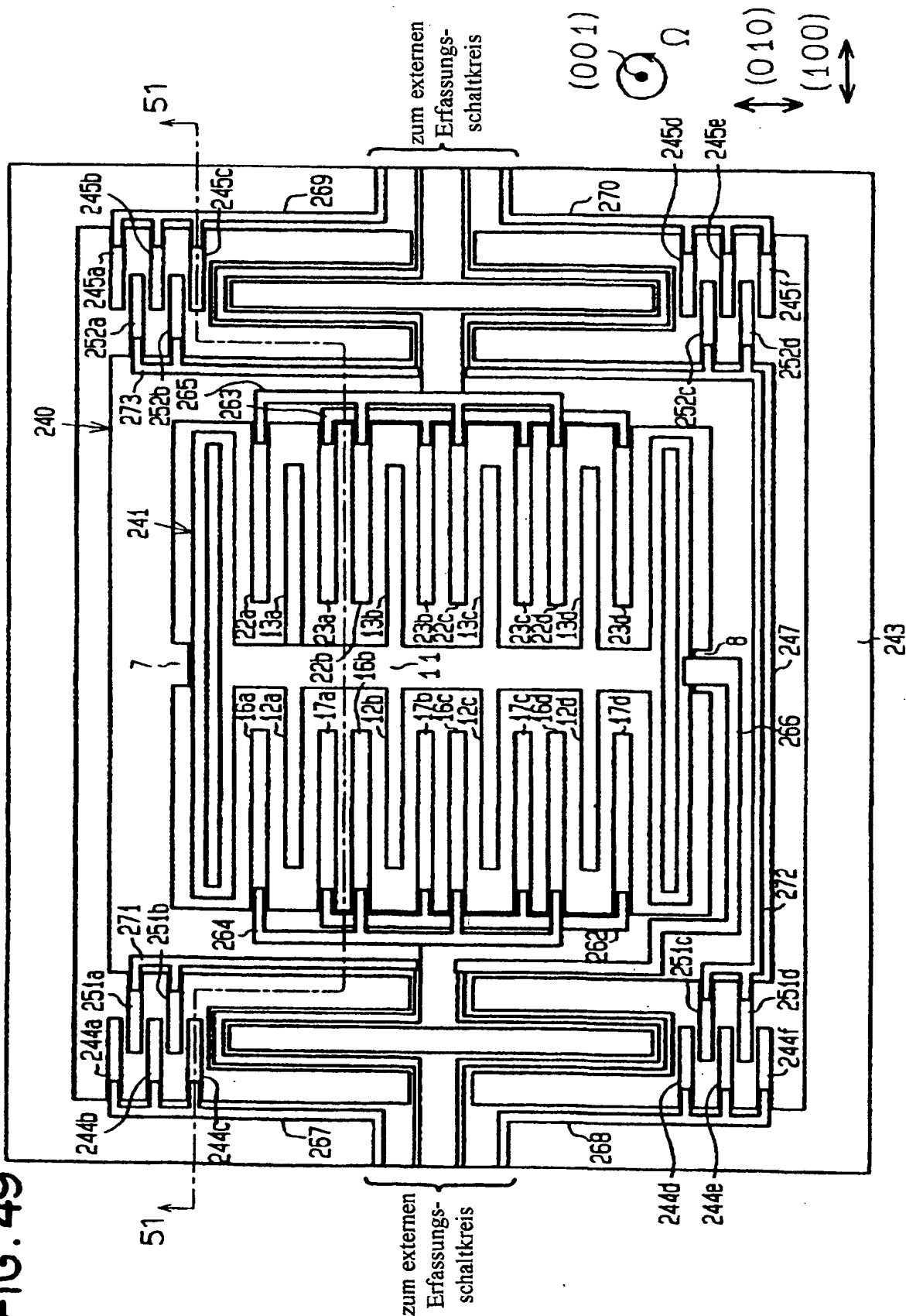


FIG. 50

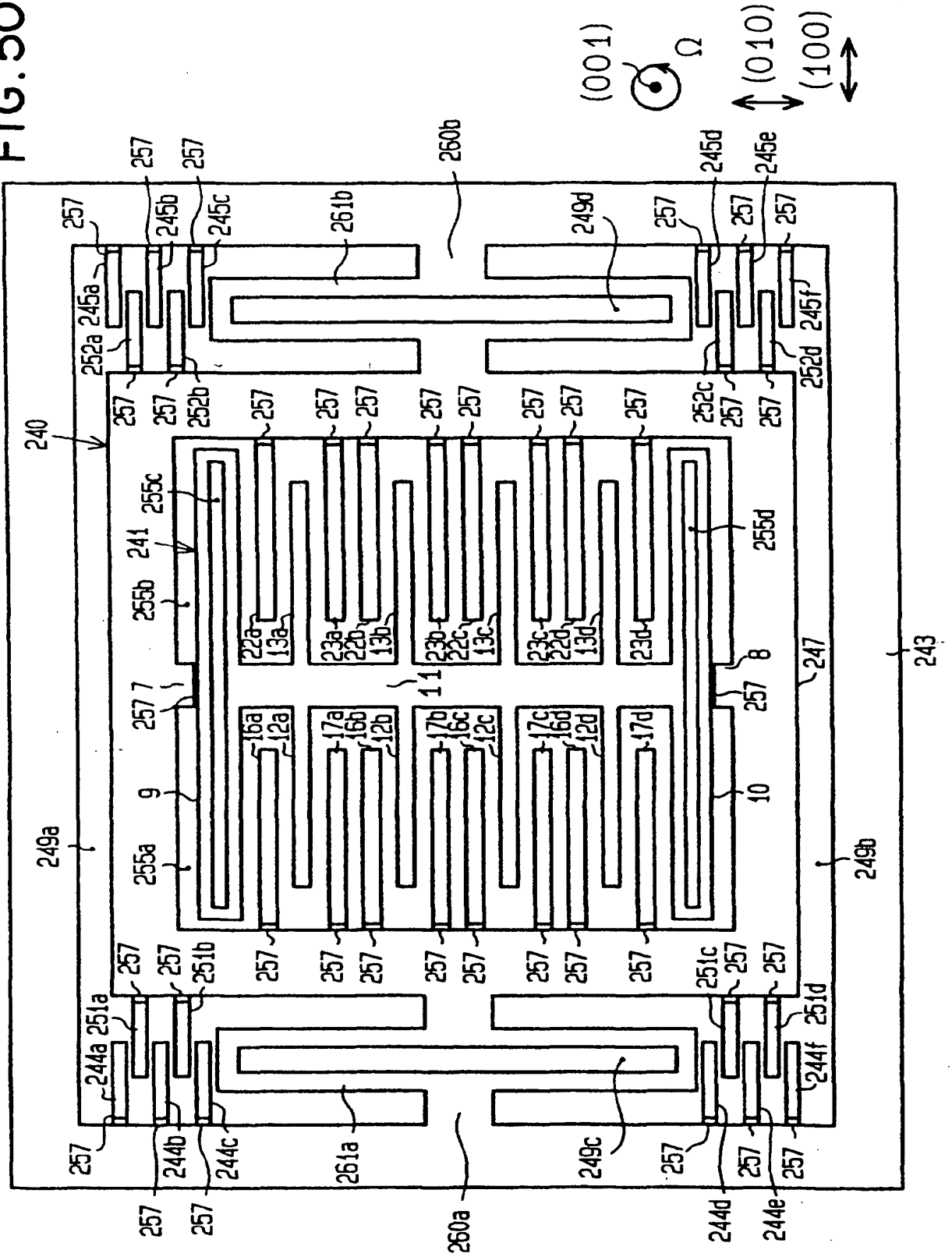


FIG. 51

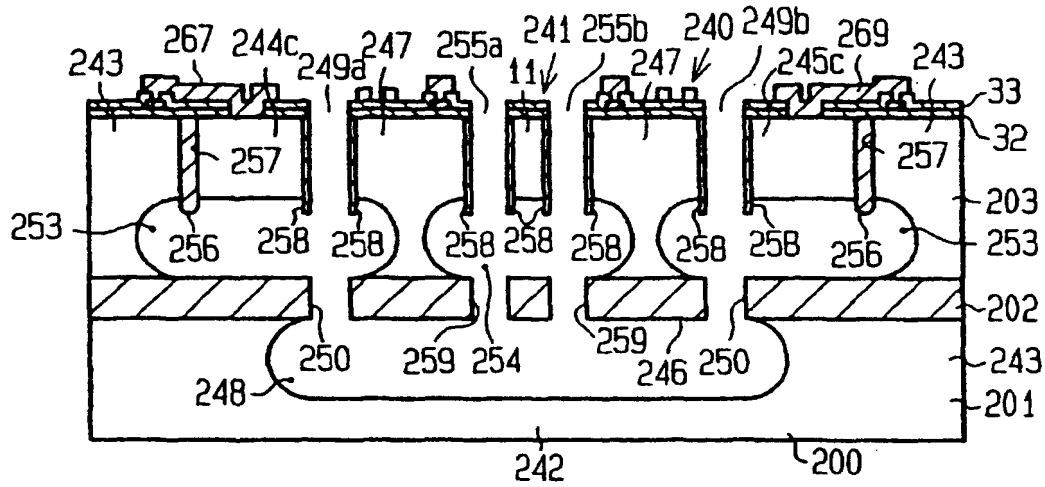


FIG. 52

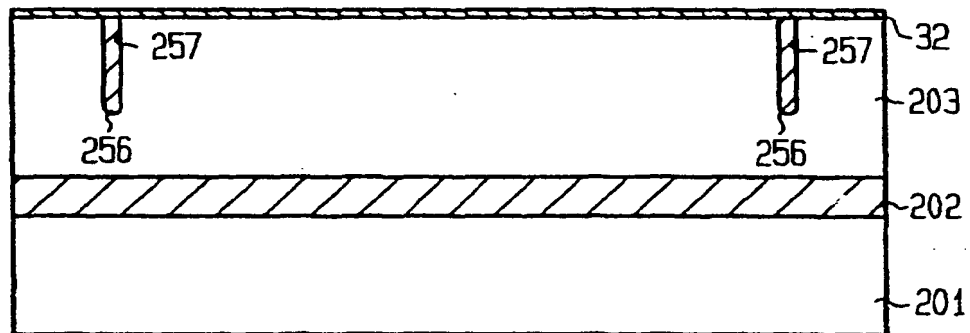


FIG. 53

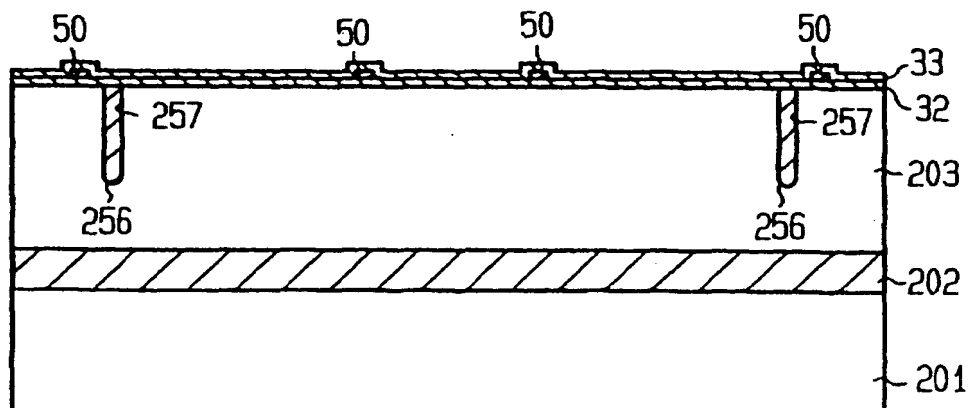


FIG. 54

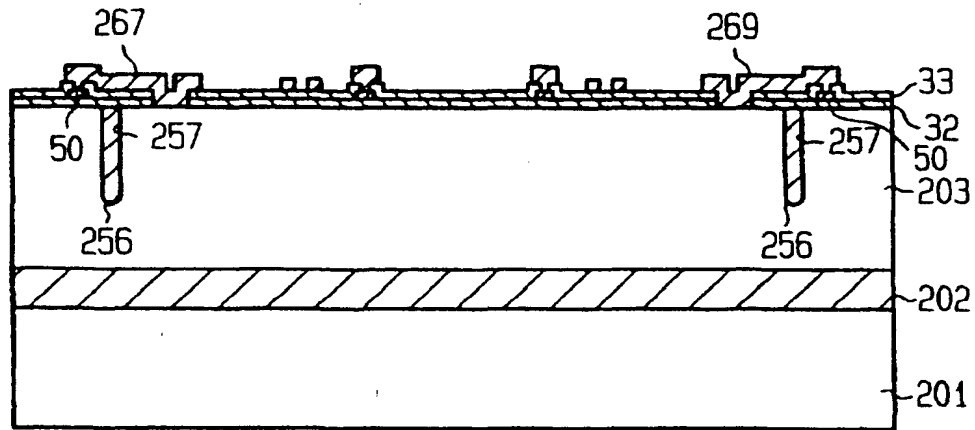


FIG. 55

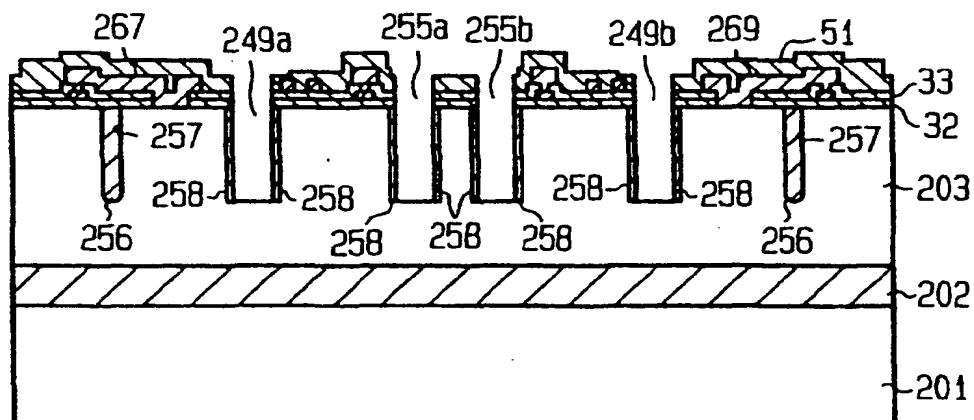


FIG. 56

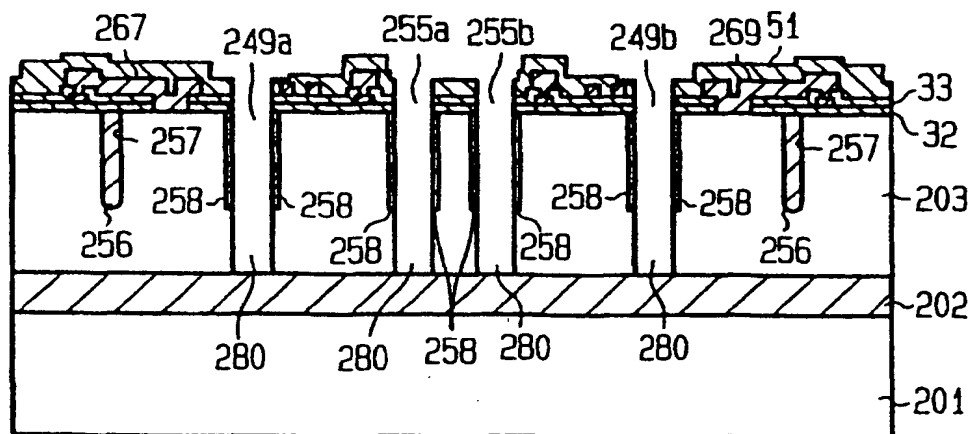


FIG. 57

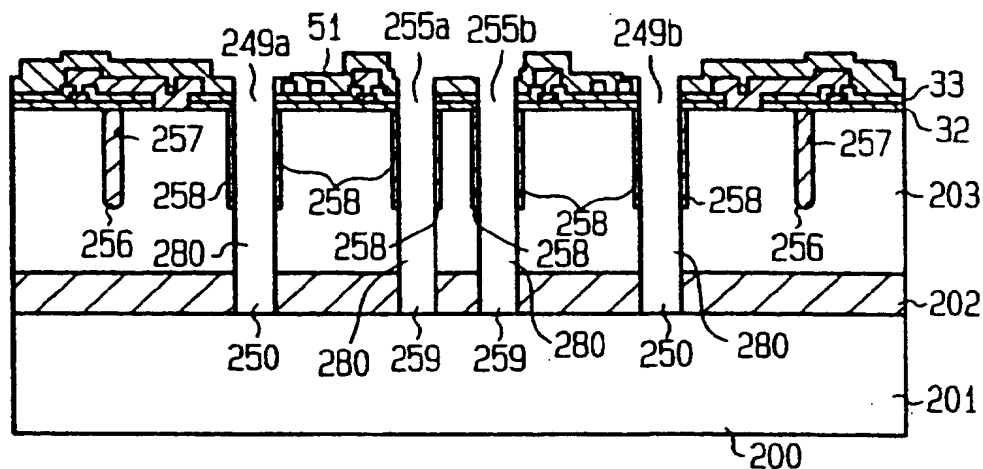


FIG. 58

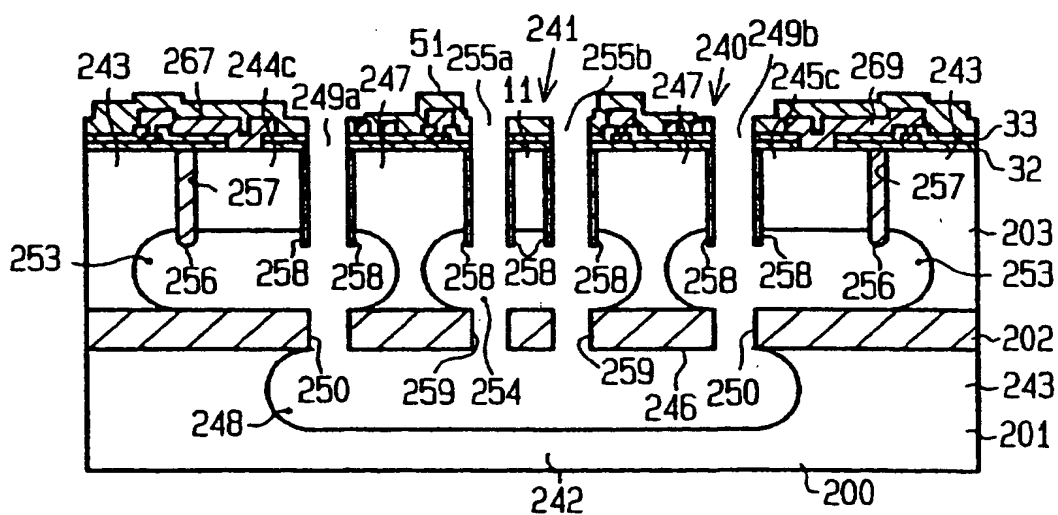


FIG 59

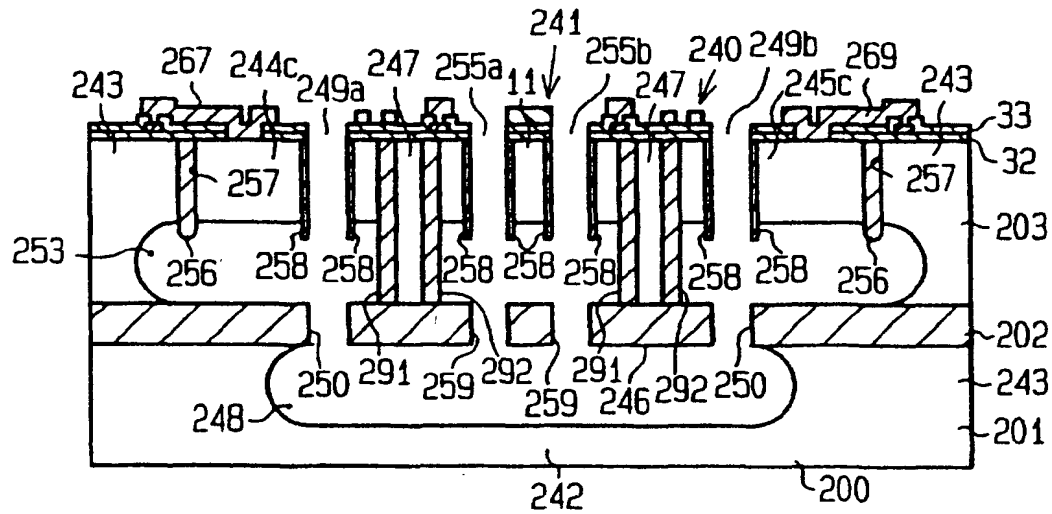


FIG 60

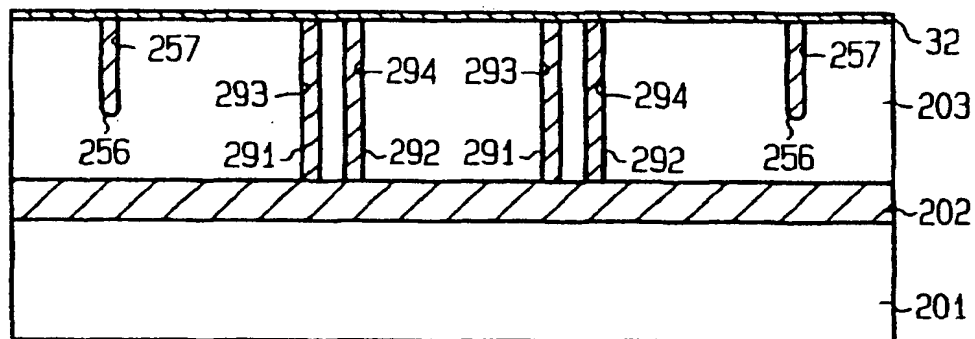


FIG. 61

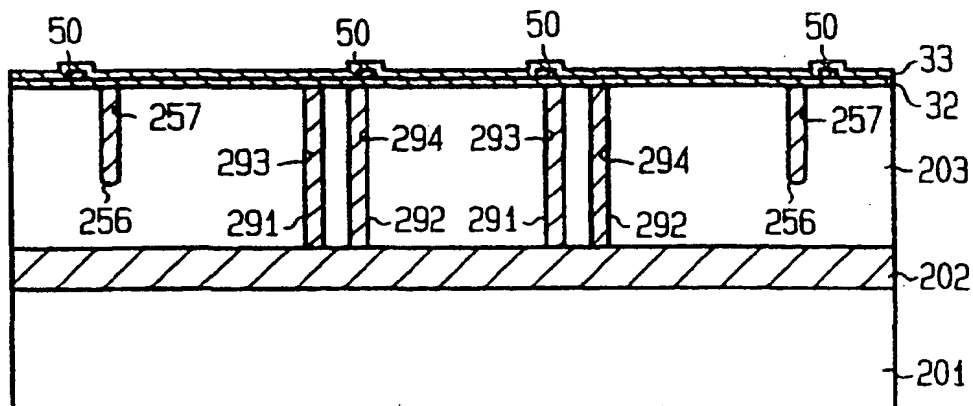


FIG. 62

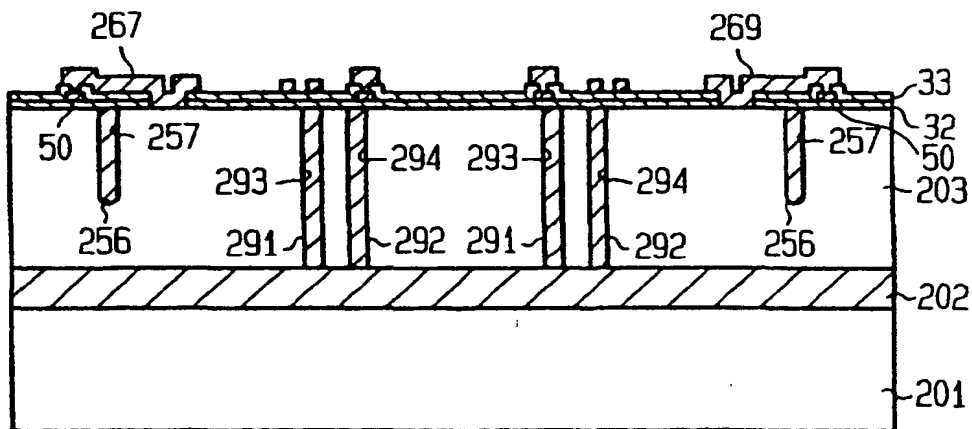


FIG. 63

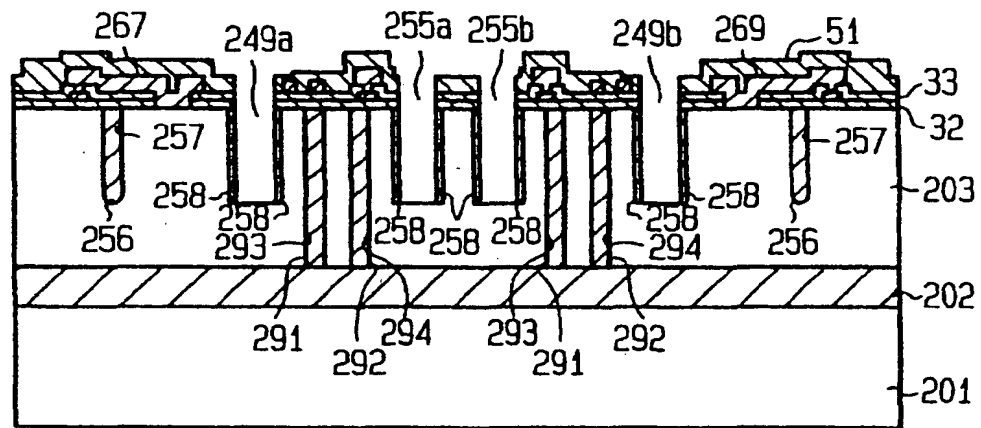


FIG. 64

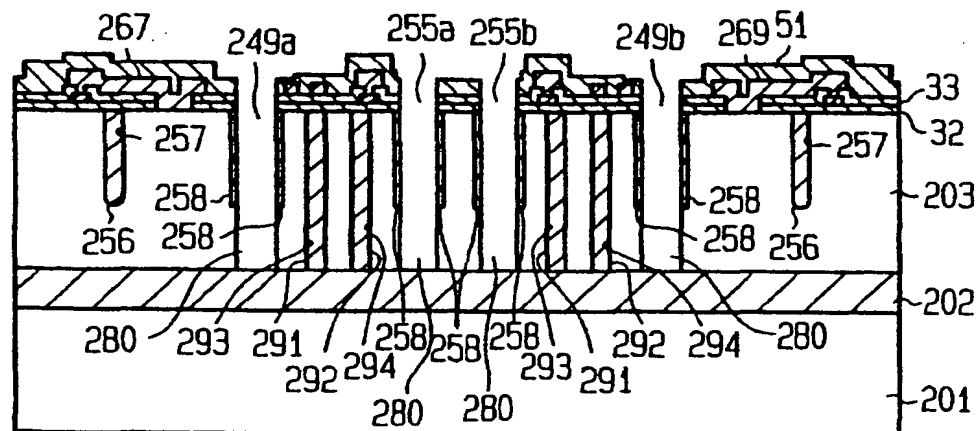


FIG. 65

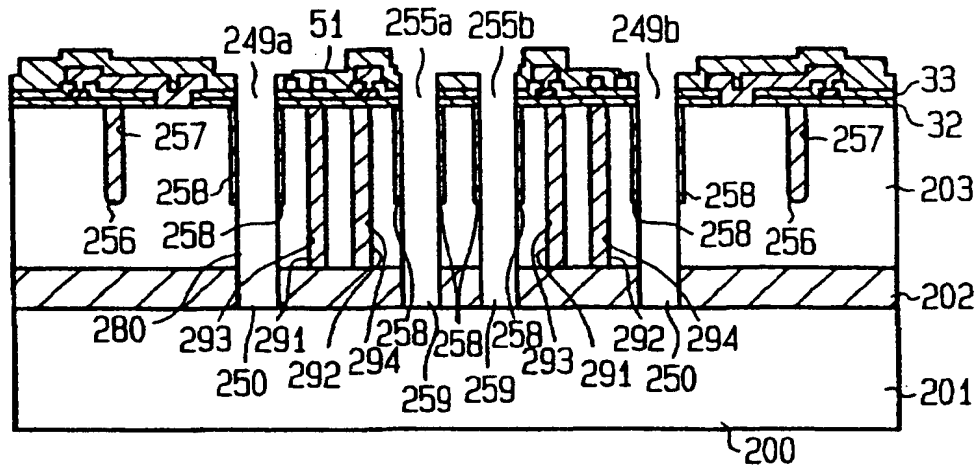


FIG. 66

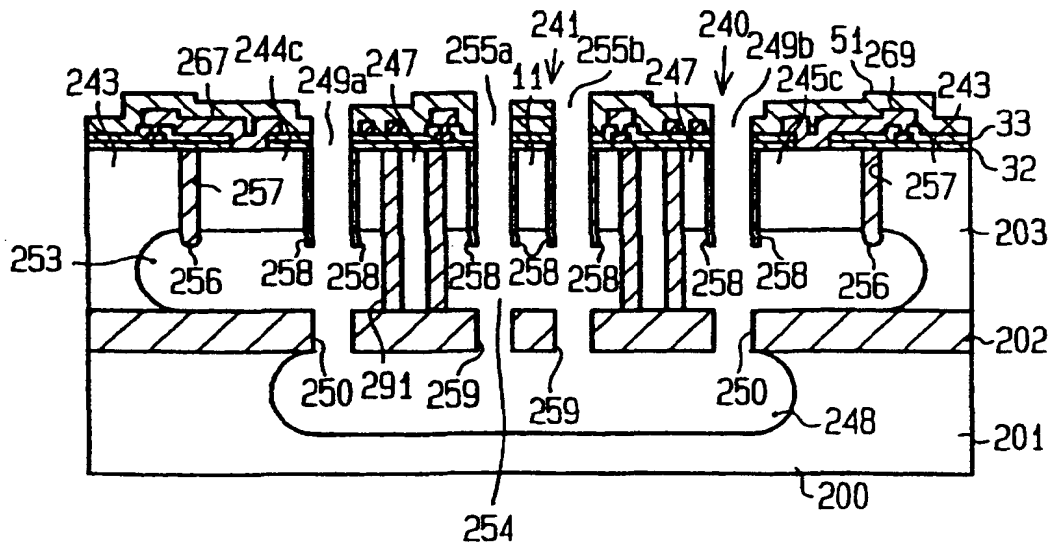


FIG. 67

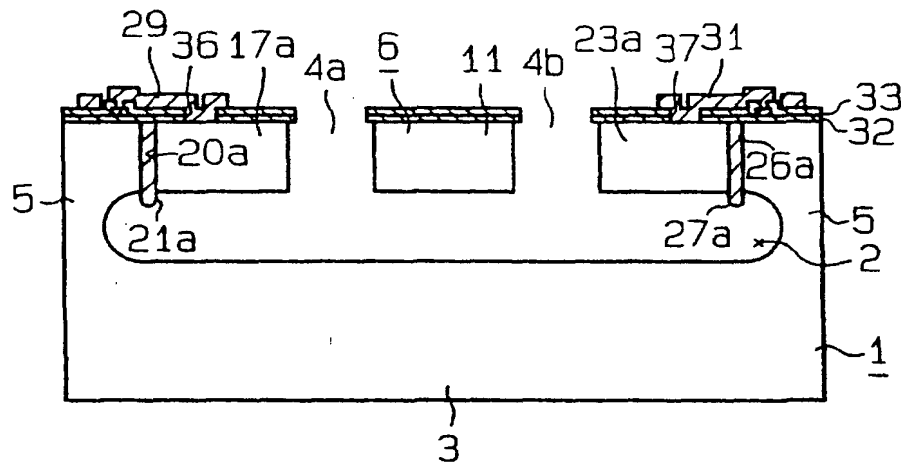


FIG. 68

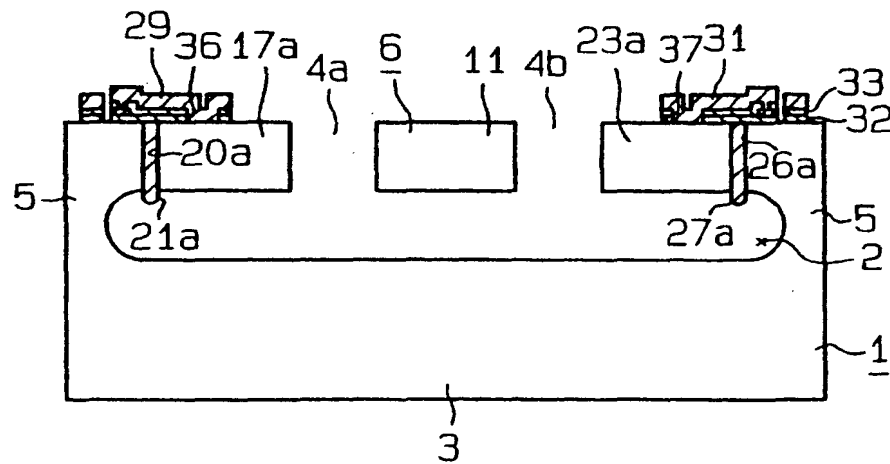


FIG. 69

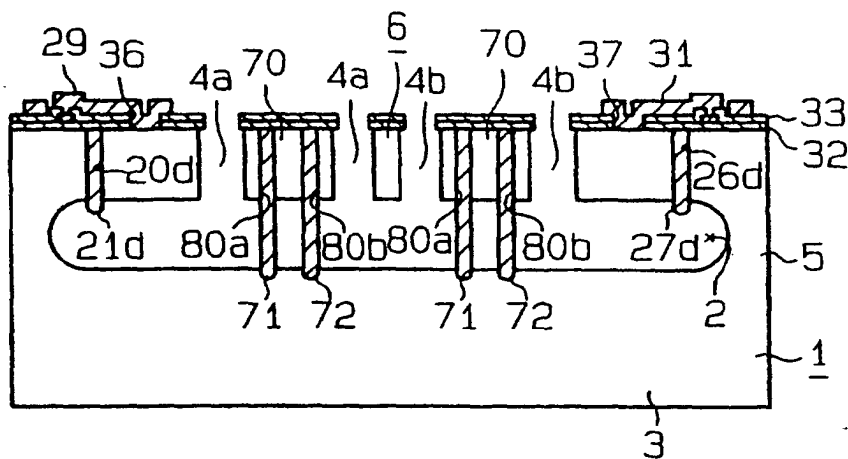


FIG. 70

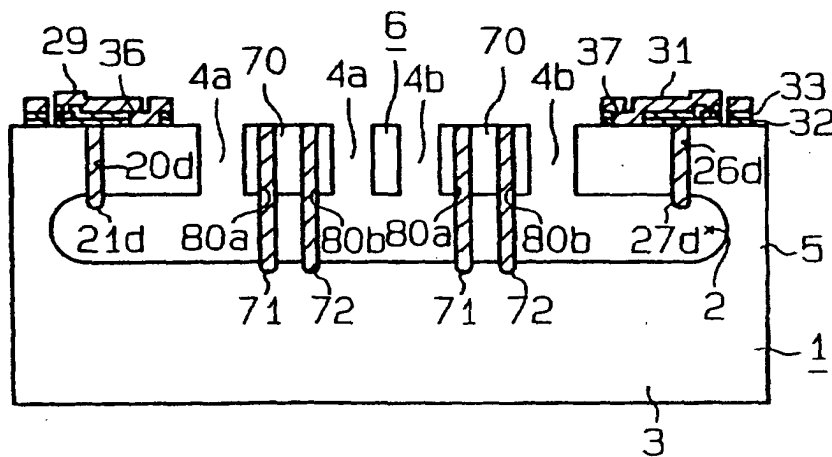


FIG. 71

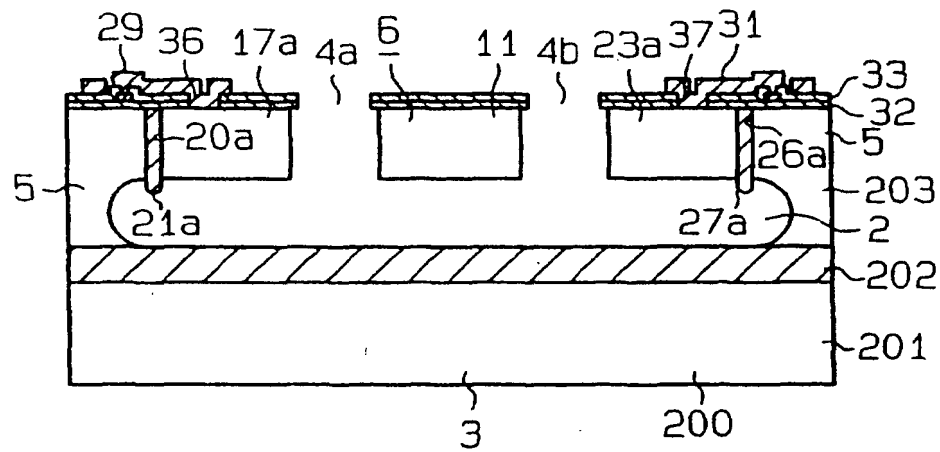


FIG. 72

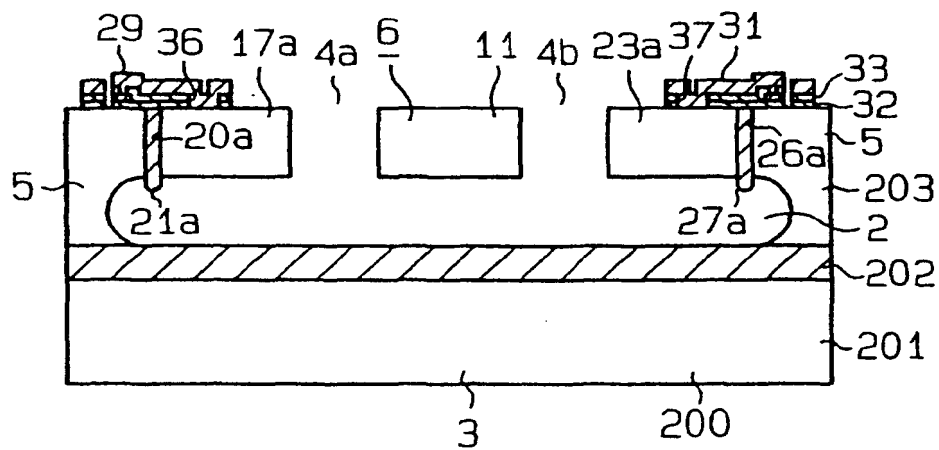


FIG. 73

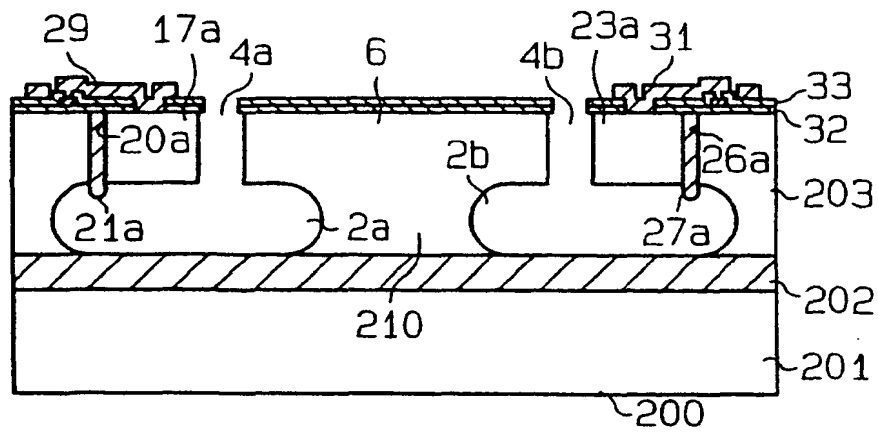


FIG. 74

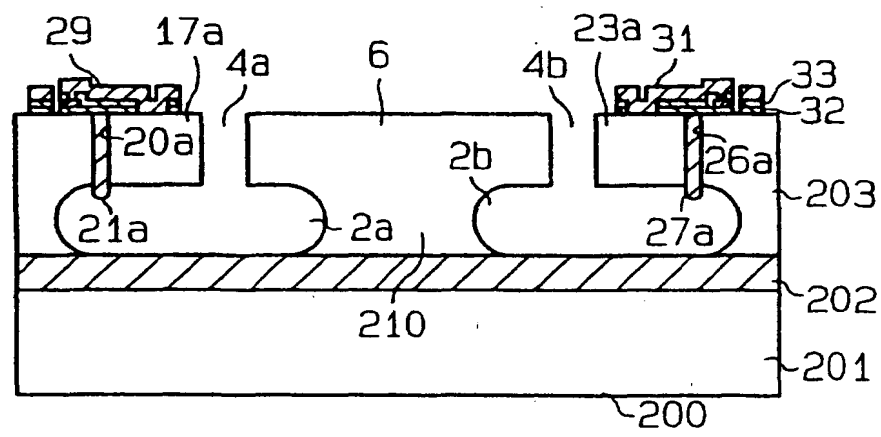


FIG. 75

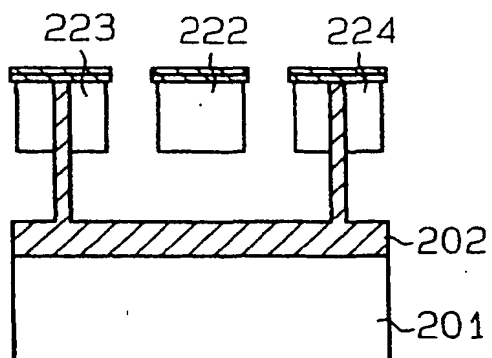


FIG. 76

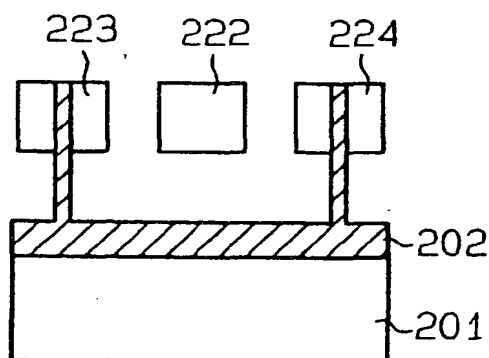


FIG. 77

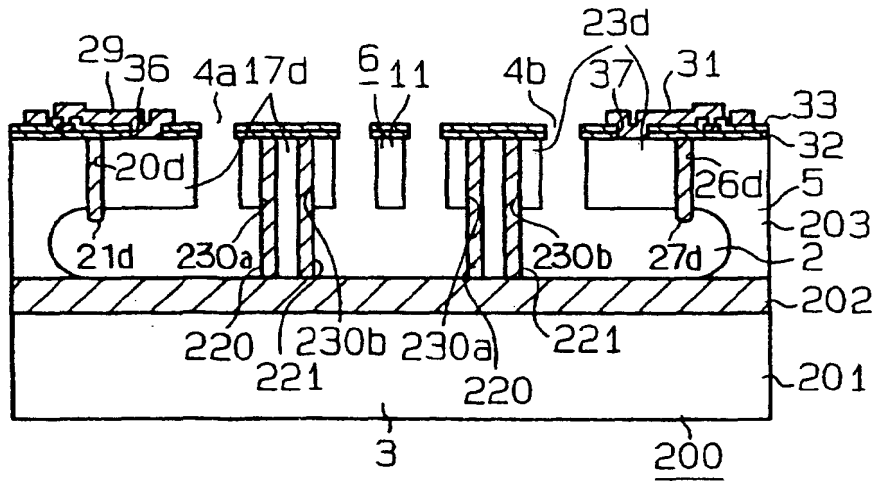


FIG. 78

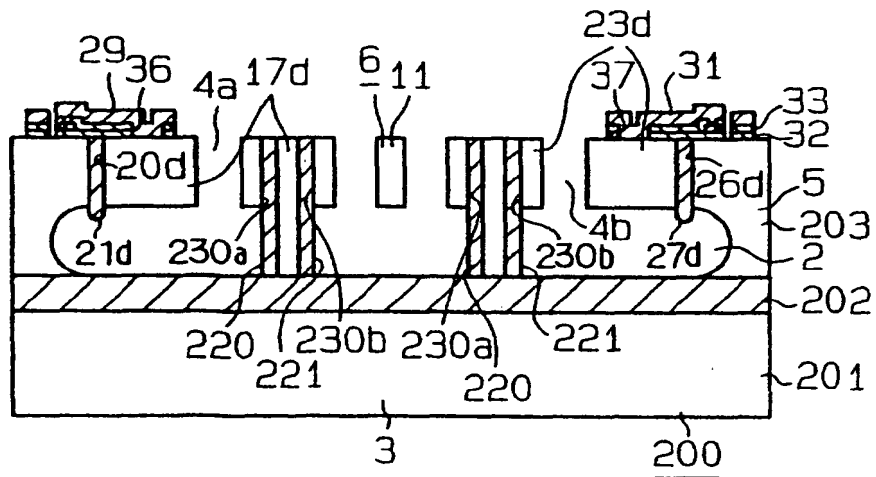


FIG. 79

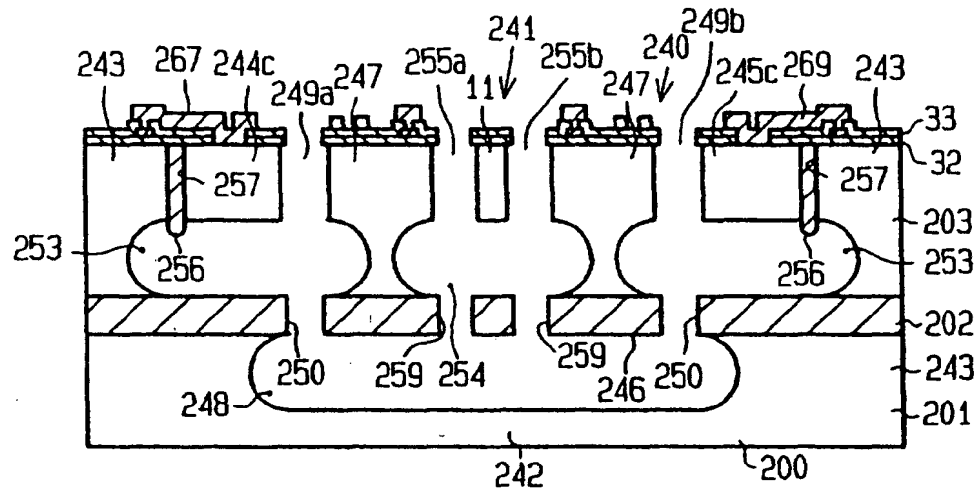


FIG. 80

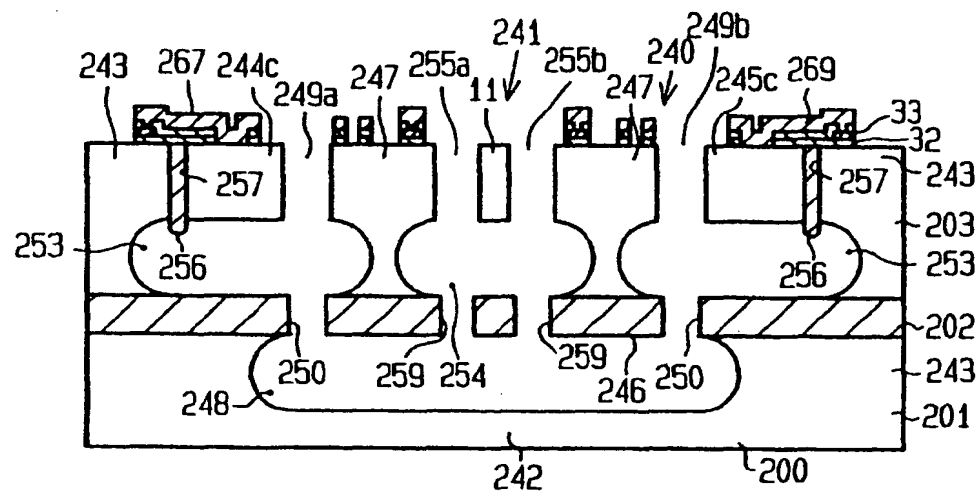


FIG. 81

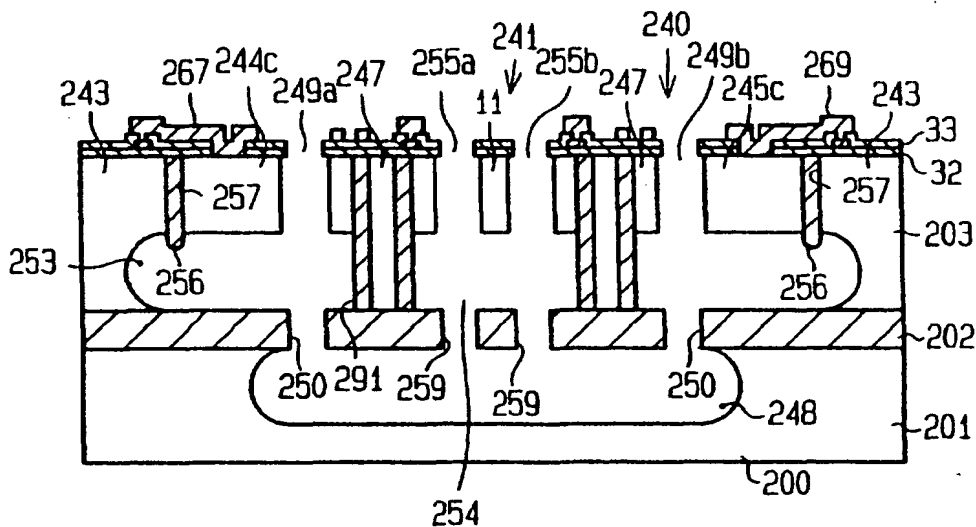


FIG. 82

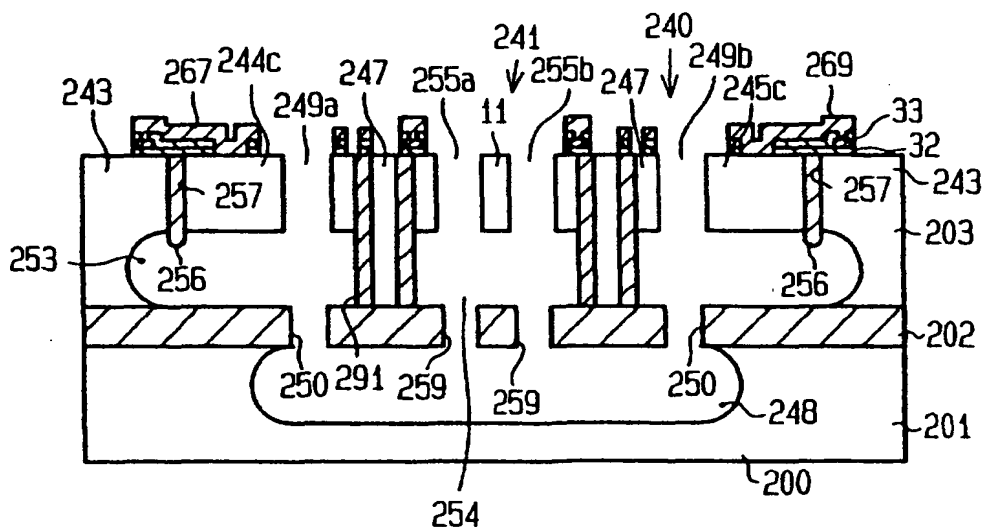


FIG 84 Stand der Technik

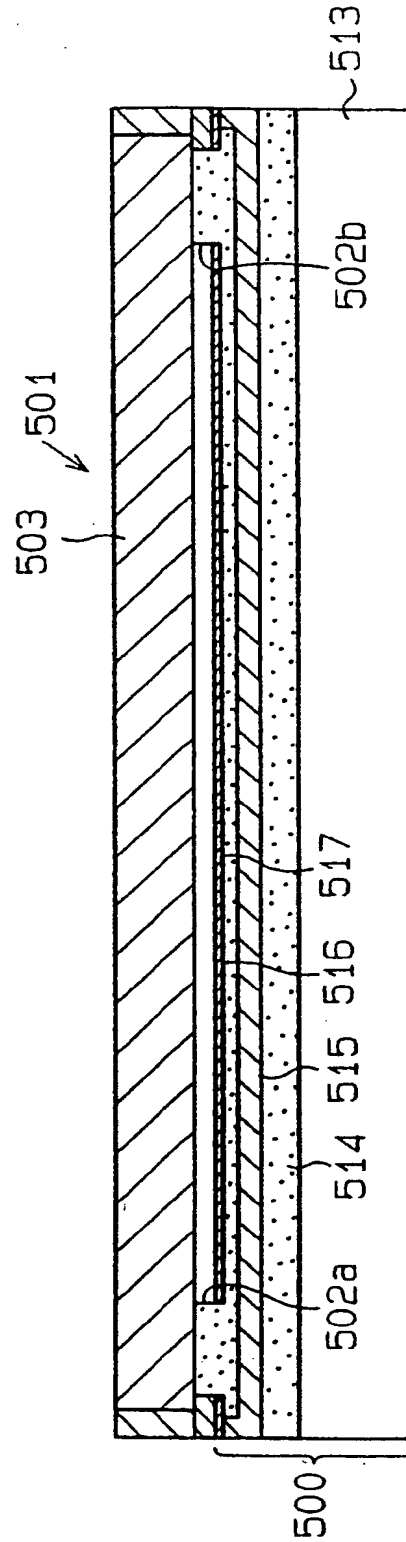


FIG. 85 Stand der Technik

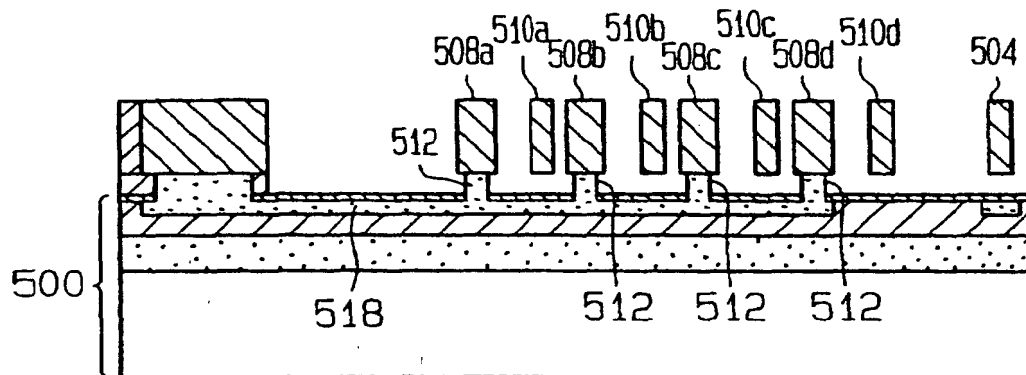


FIG. 86 Stand der Technik

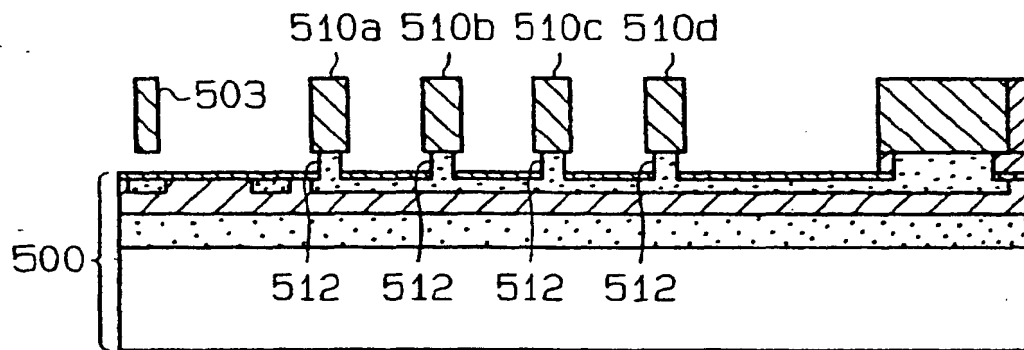


FIG. 87 Stand der Technik

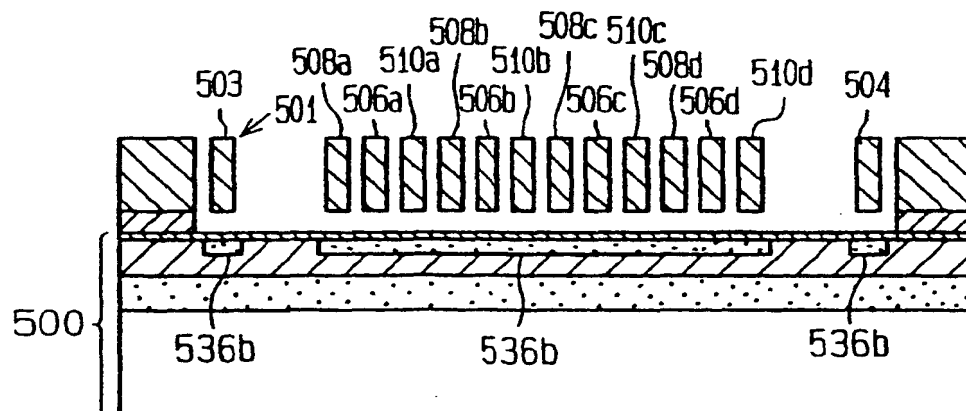


FIG. 88

Stand der Technik

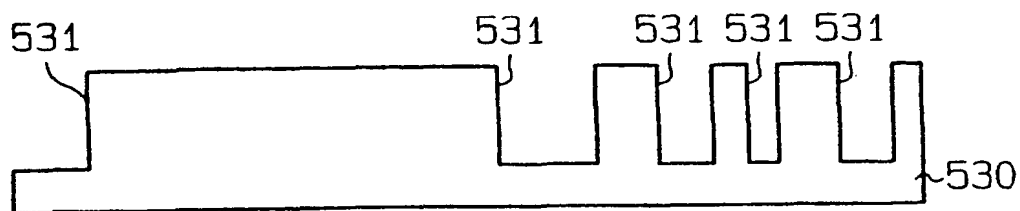


FIG. 89

Stand der Technik

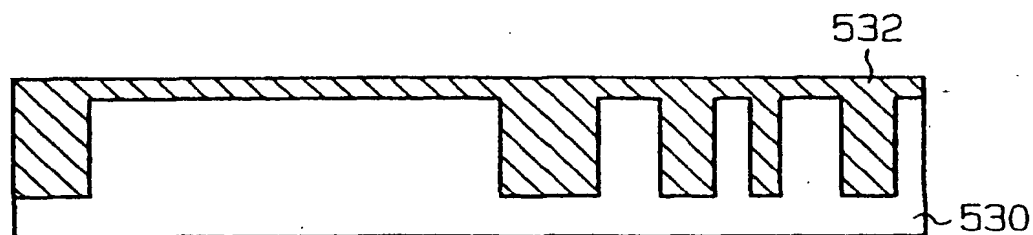


FIG. 90

Stand der Technik

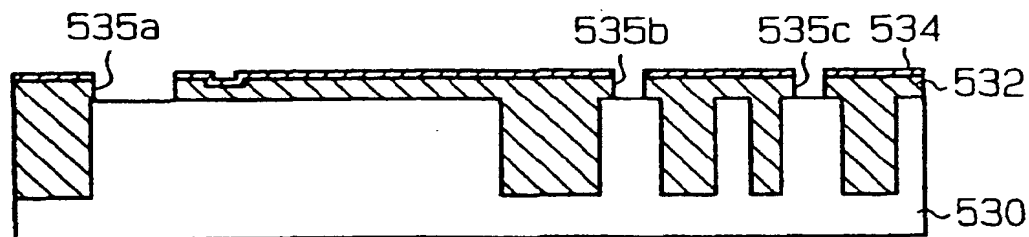


FIG. 91

Stand der Technik

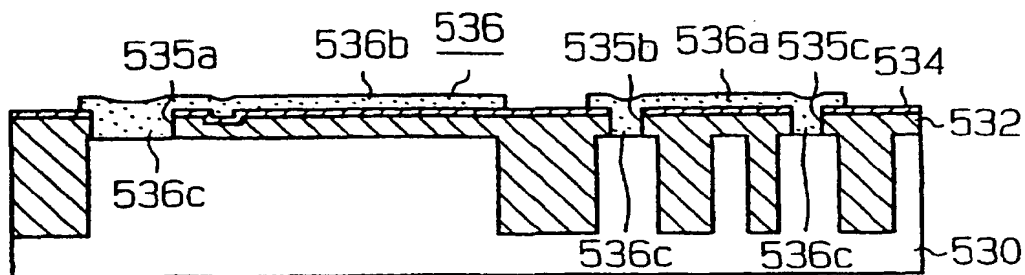


FIG. 92

Stand der Technik

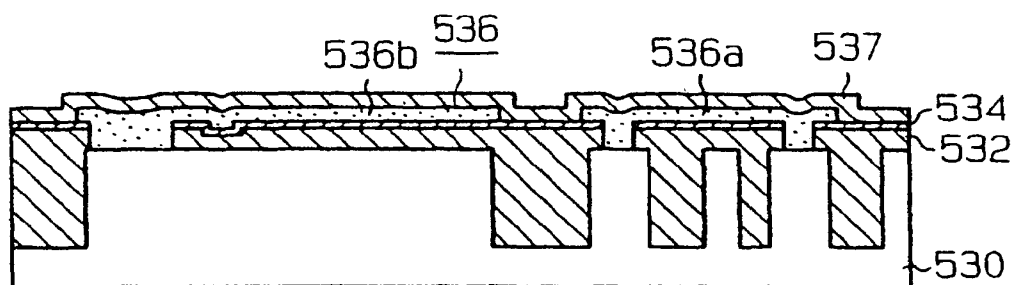


FIG. 93

Stand der Technik

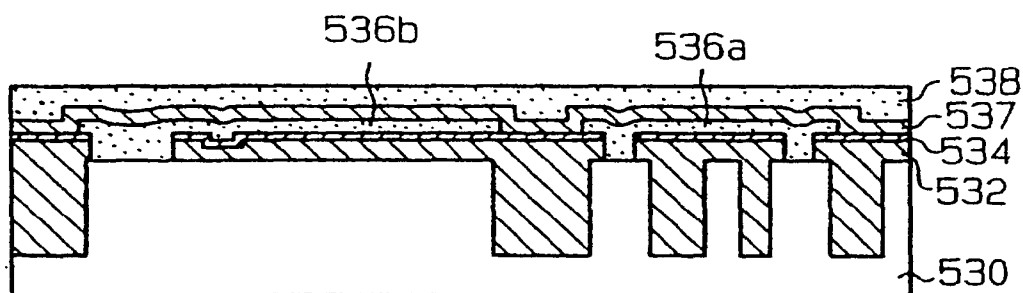


FIG. 94

Stand der Technik

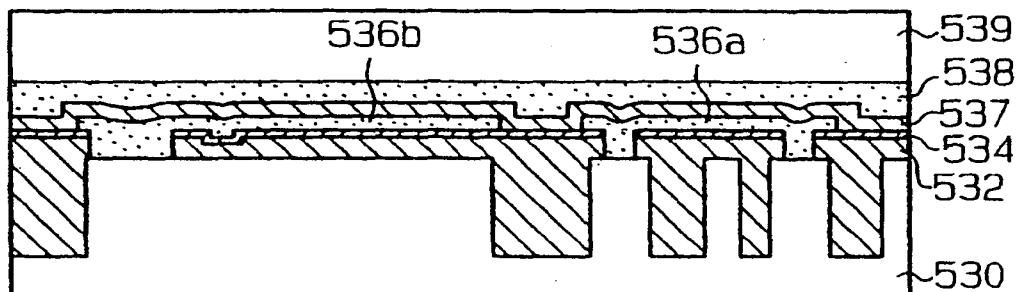


FIG. 95 Stand der Technik

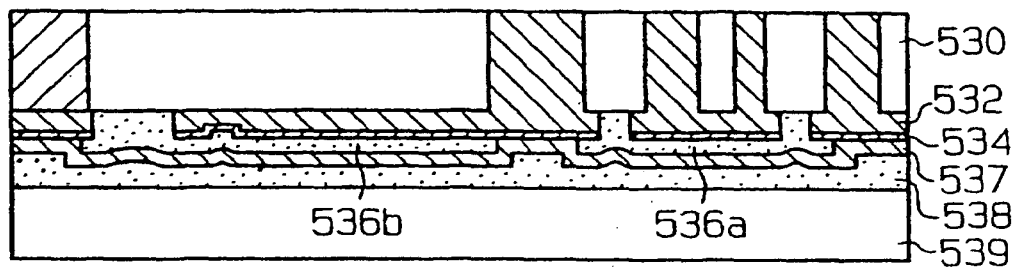


FIG. 96 Stand der Technik

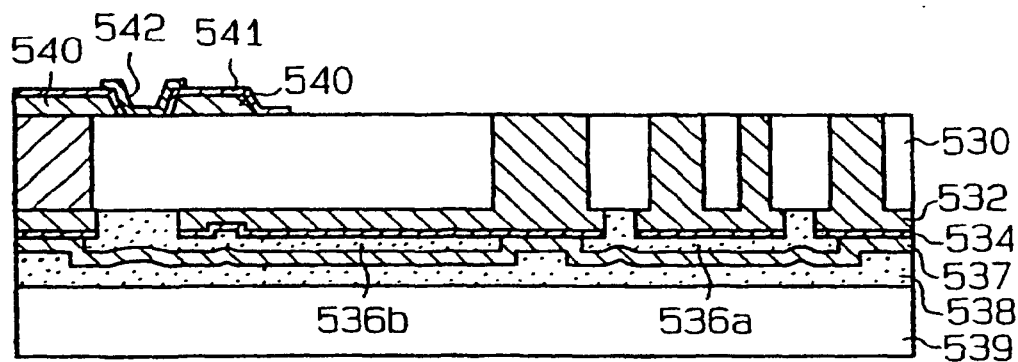


FIG. 97 Stand der Technik

